

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Arroz e Feijão  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

## ***Documentos 282***

# **Preenchimento de dados climáticos diários faltantes para os municípios do Estado de Mato Grosso na base de dados de clima da Embrapa Arroz e Feijão**

***Danillo Santana D ´Afonseca  
Alexandre Bryan Heinemann  
Silvando Carlos da Silva  
Alessandra da Cunha Moraes***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Arroz e Feijão**

Rod. GO 462, Km 12

Caixa Postal 179

75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO

Fone: (0xx62) 3533 2110

Fax: (0xx62) 3533 2123

www.cnpaf.embrapa.br

cnpaf.sac@embrapa.br

**Comitê de Publicações**

Presidente: *Camilla Souza de Oliveira*

Secretário-Executivo: *Luiz Roberto Rocha da Silva*

Membros: *Ana Lúcia Delalibera de Faria*

*Flávia Aparecida de Alcântara*

*Heloisa Célis Breseghello*

*Henrique César de Oliveira*

*Luís Fernando Stone*

*Márcia Gonzaga de Castro Oliveira*

Supervisor editorial: *Camilla Souza de Oliveira*

Revisão de texto: *Camilla Souza de Oliveira*

Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*

Tratamento de ilustrações: *Fabiano Severino*

Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

**1ª edição**

Versão online (2013)

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Embrapa Arroz e Feijão**

---

Preenchimento de dados climáticos diários faltantes para os municípios do Estado de Mato Grosso na base de dados de clima da Embrapa Arroz e Feijão / Danillo Santana D'Afonseca...[et al.]. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2013.

51 p. - (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644 ; 282)

1. Climatologia. 2. Zoneamento climático – Mato Grosso. 3. Variação sazonal. I. D'Afonseca, Danillo Santana. II. Embrapa Arroz e Feijão. III. Série.

---

CDD 551.6 (21. ed.)

© Embrapa 2013

# **Autores**

## **Danillo Santana D´Afonseca**

Graduando em Sistema de Informação, bolsista na Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, danillosatana@cnpaf.embrapa.br

## **Alexandre Bryan Hinemann**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, alexandre.heinemann@embrapa.br

## **Silvando Carlos da Silva**

Engenheiro agrícola, Mestre em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, silvando.silva@embrapa.br

## **Alessandra da Cunha Moraes**

Bacharel em Tecnologia em Geoprocessamento, analista da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, alessandra.moraes@embrapa.br



# Apresentação

A caracterização climática, que consiste em conhecer como os elementos que compõem o clima, é fundamental para definir estratégias agrícolas que minimizem os riscos climáticos. Essa caracterização climática pode ser feita por meio de diferentes ferramentas.

Dentre essas ferramentas estão os índices de seca que quantificam a probabilidade de ocorrência de eventos secos/úmidos e também modelos que simulam o desenvolvimento, crescimento e produtividade de culturas.

Essas ferramentas têm em comum, a necessidade de dados diários climáticos históricos. Para suprir essa necessidade é importante que a Embrapa Arroz e Feijão tenha uma base de dados climáticos consistente da região produtora de arroz de terras altas.

Esse estudo ilustra a metodologia utilizada para preencher uma série histórica de dados diários climáticos de precipitação, temperatura máxima e mínima do ar e radiação solar global de diferentes municípios do Estado de Mato Grosso.

*Os autores*



# Sumário

<b>Introdução .....</b>	<b>9</b>
<b>Metodologia .....</b>	<b>10</b>
Processo de Análise de Dados Climáticos.....	11
Verificação da consistência dos dados climáticos observados .....	11
Processo de preenchimento de dados nulos.....	11
<b>Resultados .....</b>	<b>12</b>
<b>Referências .....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>48</b>





# Preenchimento de dados climáticos diários faltantes para os municípios do Estado de Mato Grosso na base de dados de clima da Embrapa Arroz e Feijão

*Danillo Santana D´Afonseca*

*Alexandre Bryan Heinemann*

*Silvando Carlos da Silva*

*Alessandra da Cunha Moraes*

## Introdução

O conhecimento das condições climáticas é importante para o planejamento agrícola, pois permite definir estratégias de plantio e manejo que minimizem os riscos da variabilidade climática. Para isso, é fundamental possuir uma base de dados diários de clima proveniente de diferentes localidades em determinada região. Essa base de dados irá permitir a caracterização climática, que consiste em conhecer como os elementos variam no espaço e no tempo e como tais elementos afetam o crescimento, desenvolvimento, produtividade e a incidência de pragas e doenças nas culturas. Além disso, irá permitir a utilização de ferramentas que utilizam essas informações como procedimentos de entrada, dentre elas, destacam-se os índices de seca: severidade de seca de Palmer (PDSI); Z de Palmer (Z index); índice de anomalia de chuva (RAI) e o padronizado de precipitação (SPI) (FERNANDES et al., 2010, 2012; FERNANDES; HEINEMANN, 2011) e modelos de simulação do desenvolvimento, crescimento e produtividade de culturas (HEINEMANN et al., 2008, 2009; HEINEMANN, 2010; LORENÇONI et al., 2010). Essas ferramentas são importantes para dar suporte à tomada de decisões referente aos programas de melhoramento vegetal. Apesar dessas bases de dados diários de clima já existirem, as mesmas apresentam períodos nos quais os dados não foram coletados. Assim, o objetivo geral deste estudo é documentar a metodologia utilizada

para elaborar uma base de dados climáticos de 30 anos. Os objetivos específicos foram: a) descrever a organização dos dados climáticos em uma base de dados; b) analisar a consistência dos mesmos; e c) estimar os dados climáticos de precipitação pluvial, temperaturas máxima, mínima e radiação solar para preencher os períodos faltantes, com o intuito de ter no mínimo uma série de 30 anos de dados diários para os municípios de Mato Grosso.

## Metodologia

Neste estudo foram utilizados dados climáticos diários de precipitação, temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar global provenientes do portal AGRITEMPO (BRASIL, 2012) de diferentes municípios do Estado de Mato Grosso. Esses dados foram incluídos em uma base de dados gerenciada por um SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) MySQL. Esse sistema gerenciador permitiu armazenar toda descrição dos dados, incluindo sua representação espacial. Essa arquitetura garantiu a criação de um sistema de informação geográfico com funcionalidades e procedimentos que possibilitaram armazenar, acessar e analisar os dados. A Figura 1 ilustra a localização geográfica das estações climáticas no Estado de Mato Grosso.



**Figura 1.** Localização geográfica das estações meteorológicas nos diferentes municípios de Mato Grosso.

## **Processo de Análise de Dados Climáticos**

### **Verificação da consistência dos dados climáticos observados**

A consistência dos dados climáticos foi verificada por meio de pesquisa na base de dados buscando valores que estivessem fora dos critérios estabelecidos abaixo:

- a) temperatura máxima do ar maior que temperatura mínima do ar;
- b) valores positivos de precipitação pluvial;

Os valores das variáveis climáticas fora dos critérios adotados acima foram considerados como nulos (-99).

### **Processo de preenchimento de dados nulos**

Para estimar os dados diários de precipitação pluvial, temperatura máxima e temperatura mínima do ar, com a finalidade de preencher os dados nulos, utilizou-se o pacote do programa R denominado RMAWGEN (R Multi-Sites Auto-regressive Weather Generator), versão 1.2.2. Esse pacote implementa ferramentas que utilizam modelos autorregressivos vetoriais (VARs). Esses modelos são calibrados para estimar dados diários por meio de séries temporais “Gaussianizadas” (CORDANO; ECCEL, 2012). Deve-se salientar que esse método foi selecionado devido à possibilidade de automatizar o processo de estimativa das variáveis climáticas e substituir os dados climáticos faltantes na base de dados. Para estimar os dados diários de radiação solar global para preencher os dados nulos, utilizou-se o programa WGEN, que é um modelo numérico que produz séries temporais diárias para um conjunto de variáveis climáticas e que vem sendo utilizado na construção de séries climáticas temporais sintéticas por meio de propriedades estatísticas (SEMENOV et al., 1998).

Os dados climáticos estimados para precipitação pluvial, temperatura máxima do ar, temperatura mínima do ar e radiação solar global foram utilizados para substituir os dados nulos nas séries temporais observadas e as mesmas foram reinseridas na base de dados

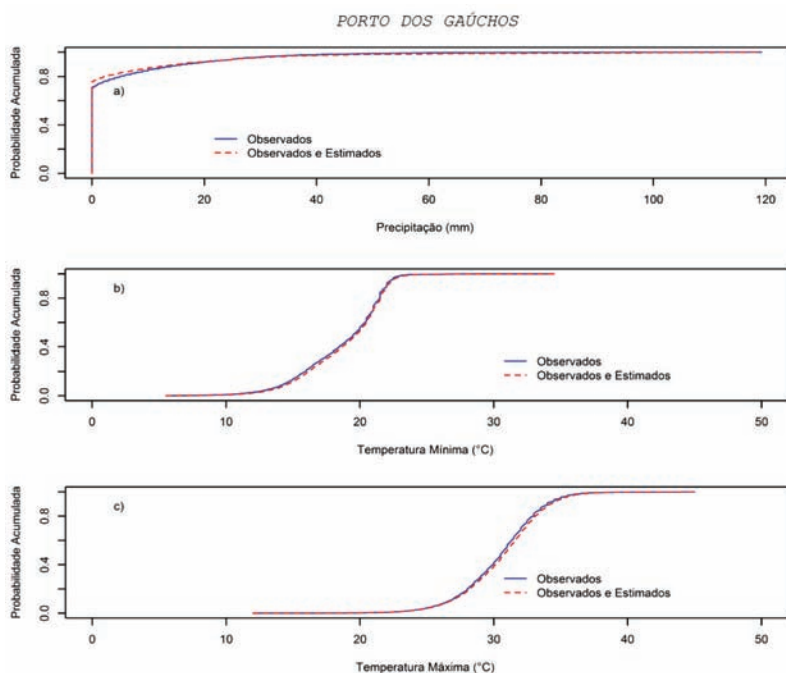
climáticos. Para possibilitar o rastreamento na base de dados das variáveis climáticas estimadas ou observadas, criaram-se quatro novos campos denominados Pflag, Tmaxflag, Tminflag e Radflag. Esses campos foram fixados como caractere e preenchidos com E ou O, sendo E para dados estimados e O para dados observados. Isso possibilita na base de dados climáticos selecionar somente as variáveis climáticas observadas ou estimadas, podendo aplicar métodos de estimativas de variáveis climáticas desenvolvidos para condições climáticas tropicais.

Nesse estudo, as variáveis climáticas foram estimadas com o intuito de substituir na base de dados climáticos da Embrapa Arroz e Feijão as variáveis faltantes. Devido à complexidade de estimar variáveis climáticas em ambientes tropicais, principalmente a variável precipitação pluvial, e também de quantificar estatisticamente a eficiência do método de estimação utilizado, optou-se por comparar por meio da distribuição de probabilidade acumulada (CDF) das variáveis climáticas observadas com o conjunto de dados climáticos composto pelas variáveis climáticas observadas e estimadas. Além dos gráficos de CDFs, para as temperaturas máxima e mínima do ar, os valores observados e estimados foram comparados por meio de gráficos de percentis. A complexidade estatística consiste no fato de que as amostras de dados observados e o conjunto de dados estimados e observados não podem ser considerados independentes. No ANEXO 1 estão ilustradas as séries históricas climáticas diárias compostas pelo conjunto de dados climáticos observados e estimados para as temperaturas máxima e mínima do ar, precipitação pluvial, radiação solar global e radiação solar extraterrestre. No ANEXO 2 está ilustrada a variabilidade da precipitação anual para os diferentes municípios do Estado de Mato Grosso.

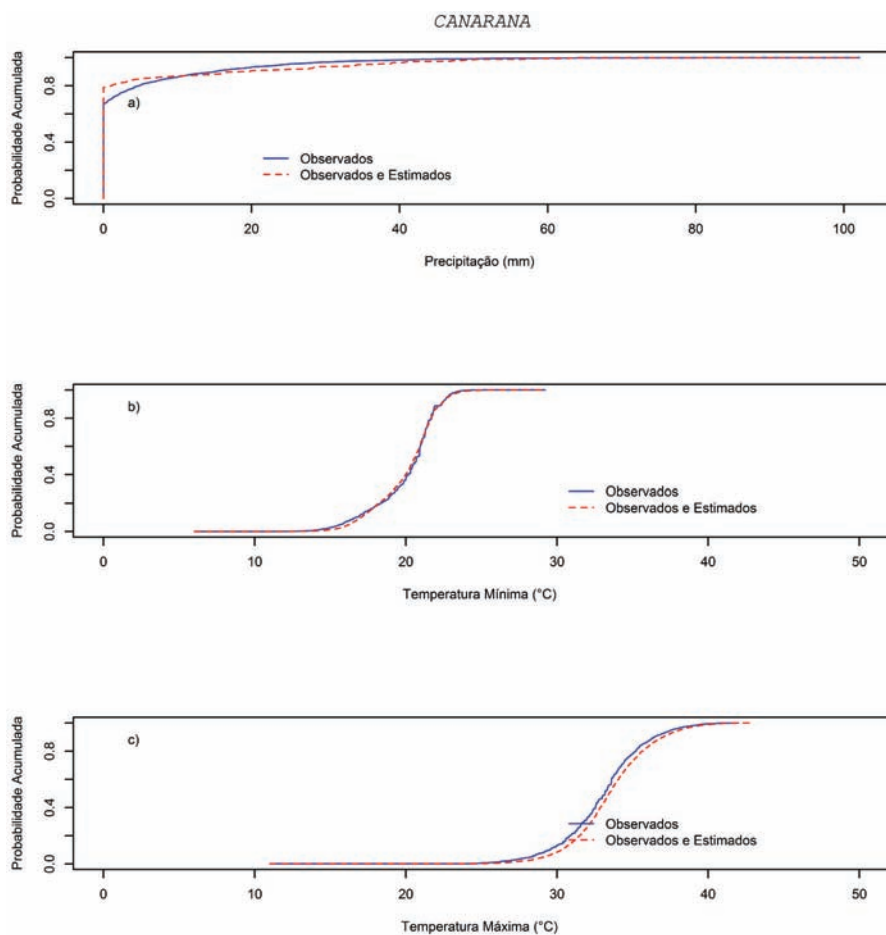
## Resultados

A comparação entre os dados climáticos observados de precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima do ar e o conjunto de dados

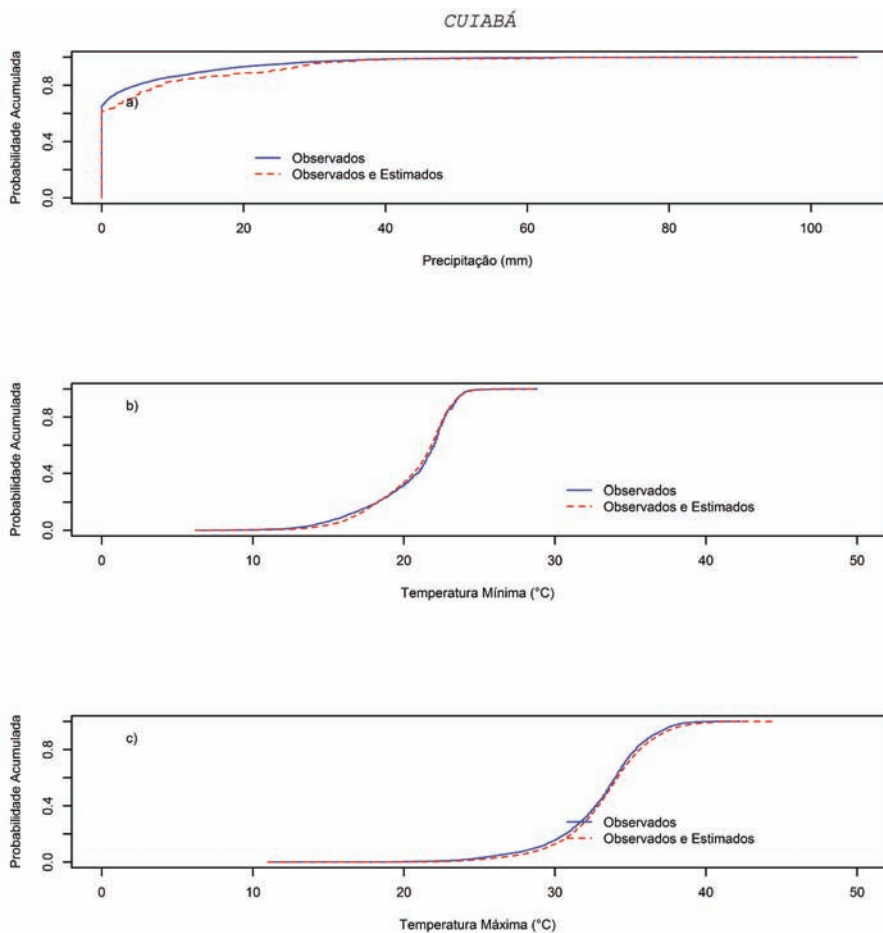
composto por dados observados e estimados pelo pacote RMAWGEN para suprir dados faltantes das estações de Porto dos Gaúchos, Canarana, Cuiabá, Diamantino, Matupá, Nova Xavantina, Santo Antônio do Leveger, São José do Rio Claro, Alta Floresta, Aripuanã, Campo Verde, Comodoro, Juína, Paranatinga, Rondonópolis e Vila Bela da Santíssima Trindade estão ilustrados nas Figuras 2 a 17. Devido ao fato das temperaturas máximas e mínimas observadas e estimadas apresentarem distribuição normal, as Figuras 18 a 21 ilustram a comparação dos seus respectivos percentis e medianas. Para a maioria dos casos, os valores estimados tendem a aumentar os valores da mediana para as temperaturas máxima e mínima em relação aos dados observados.



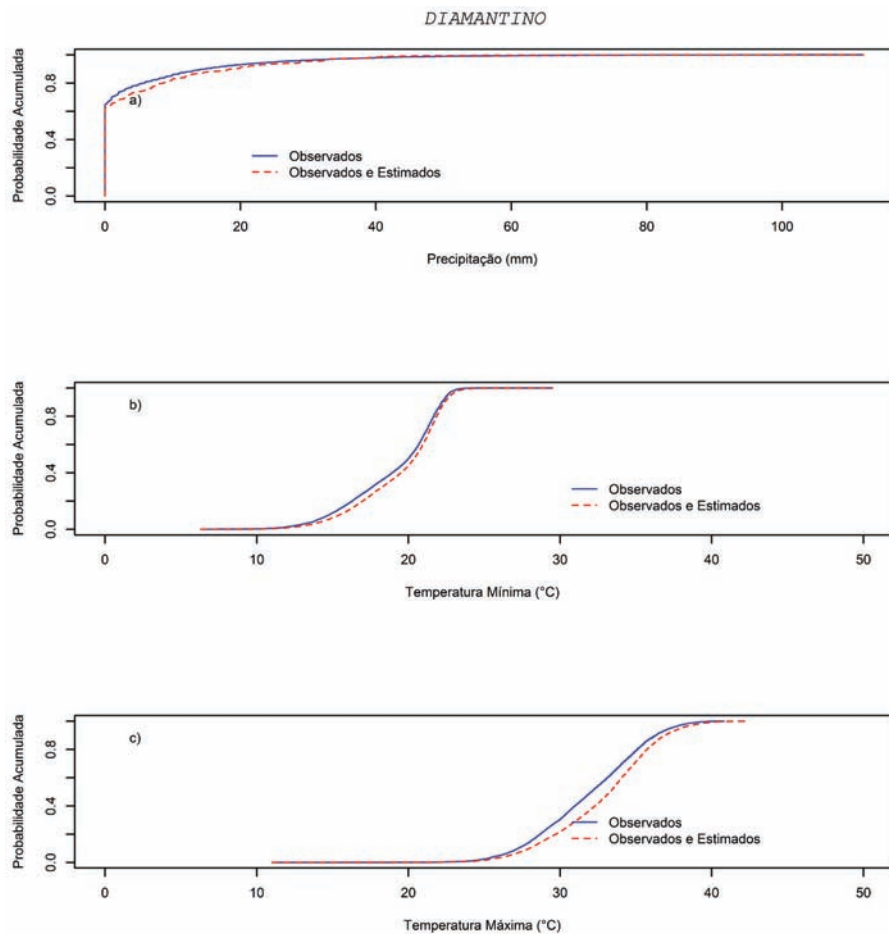
**Figura 2.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Porto dos Gaúchos.



**Figura 3.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Canarana.

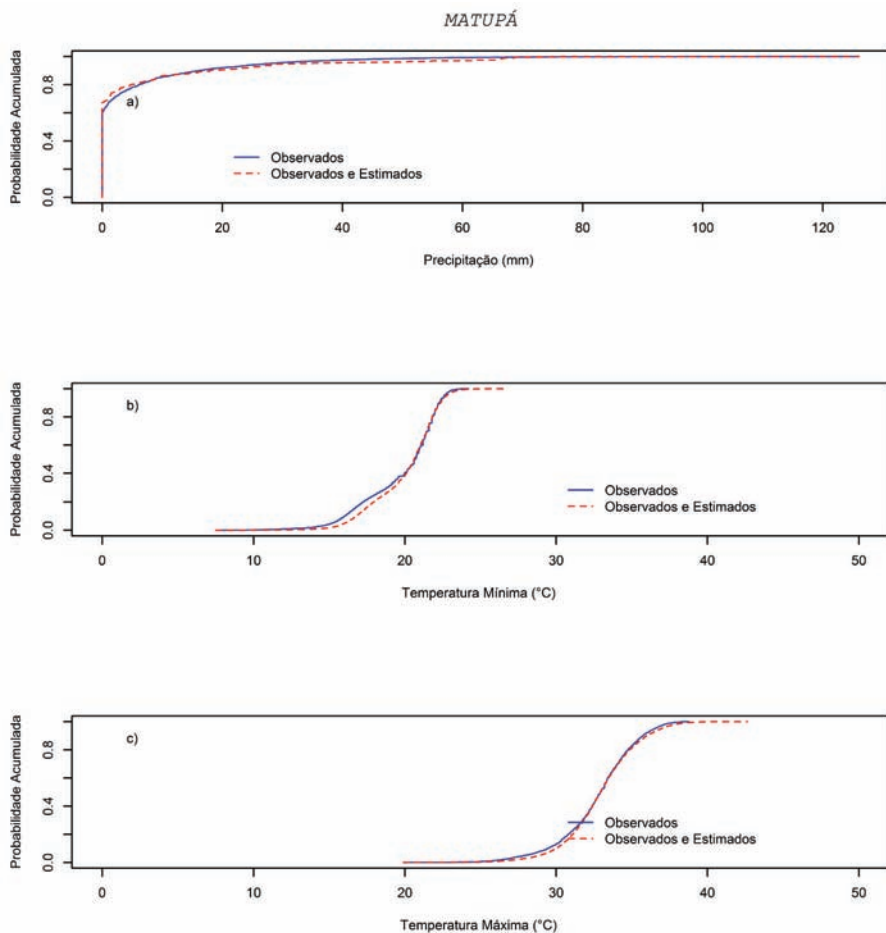


**Figura 4.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Cuiabá.

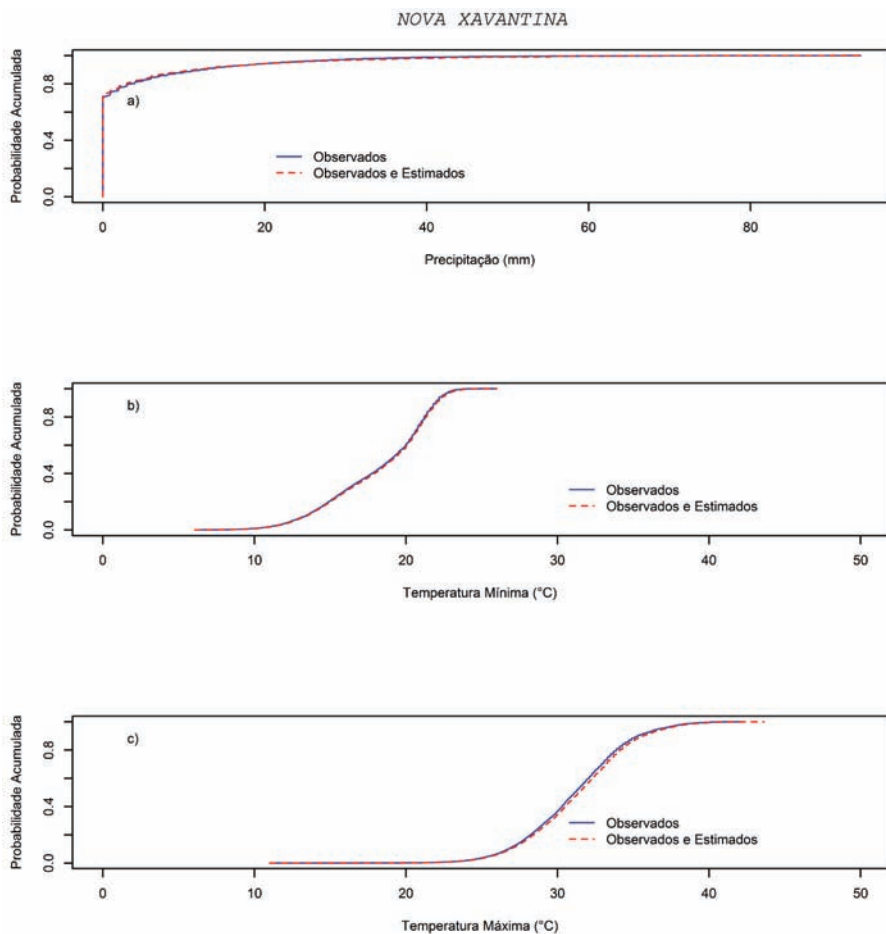


**Figura 5.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Diamantino.

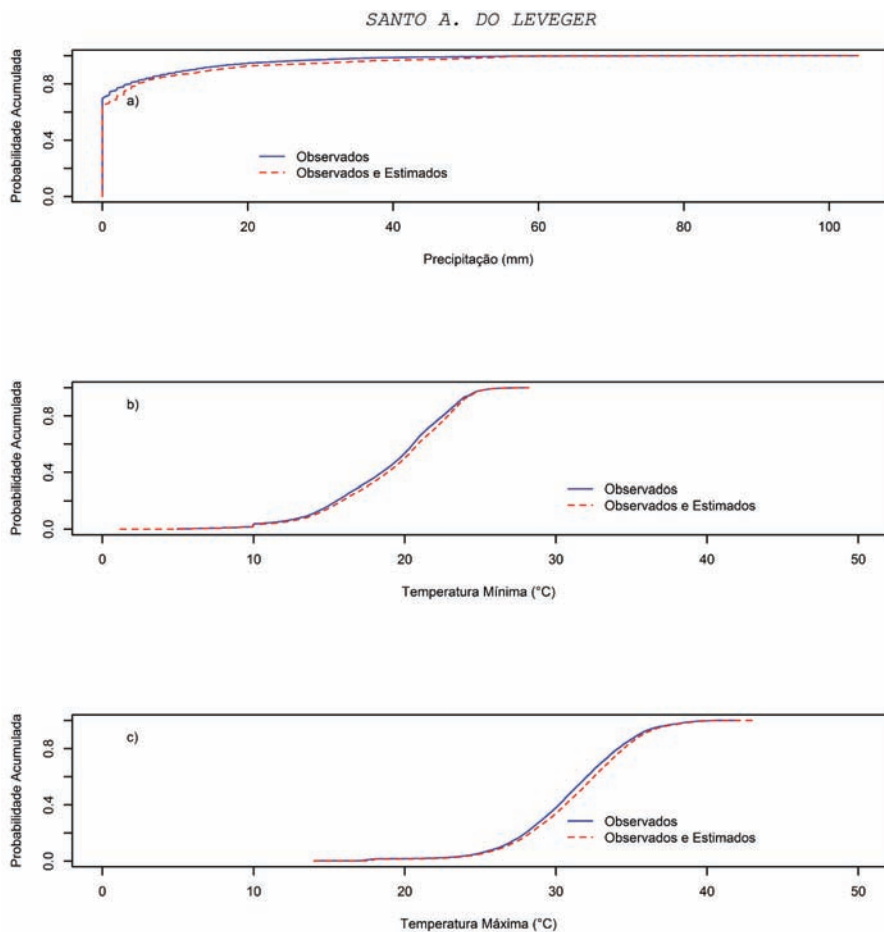




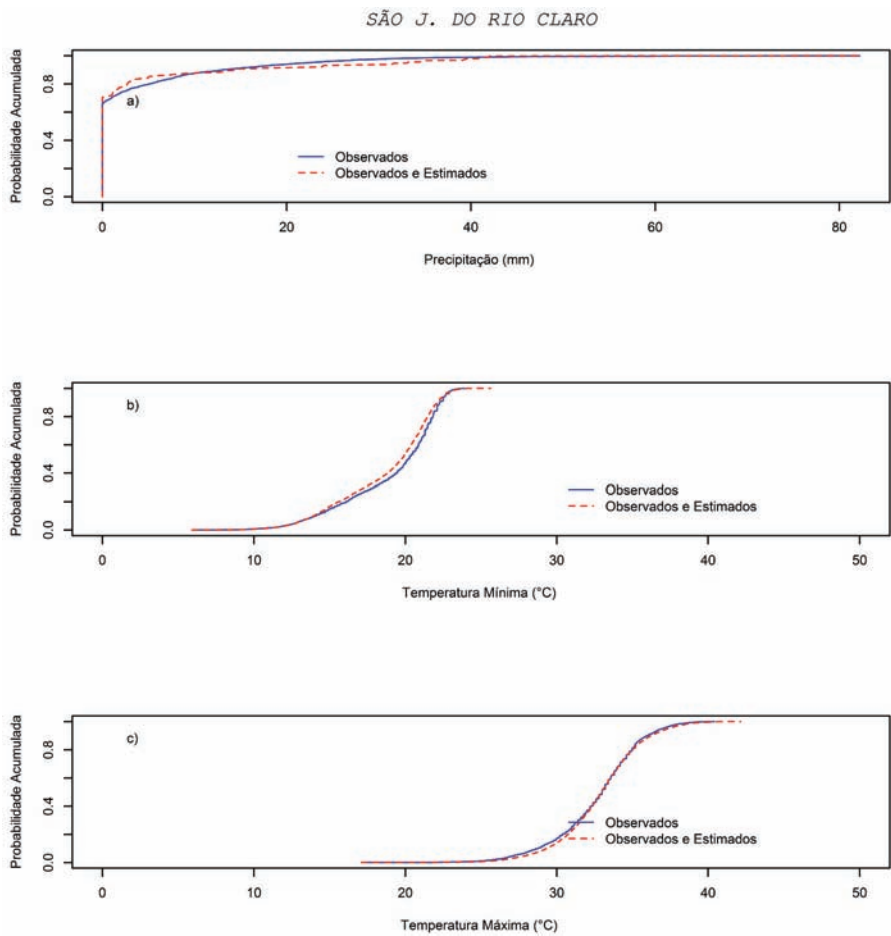
**Figura 6.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Matupá.



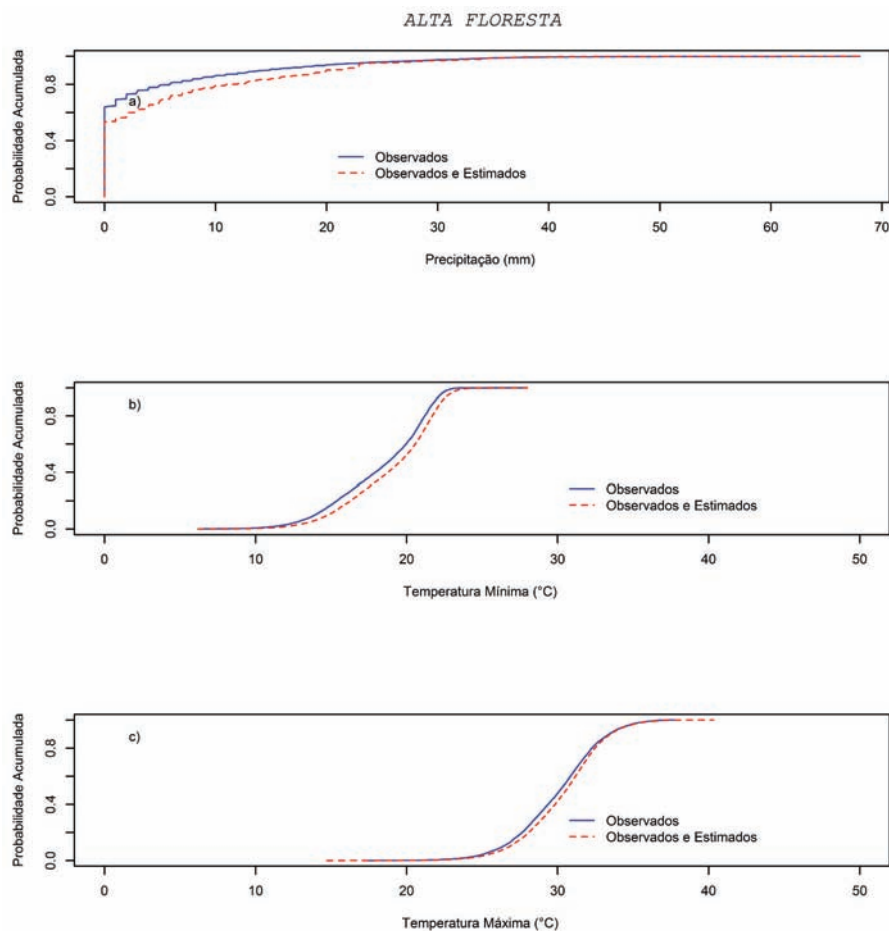
**Figura 7.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Nova Xavantina.



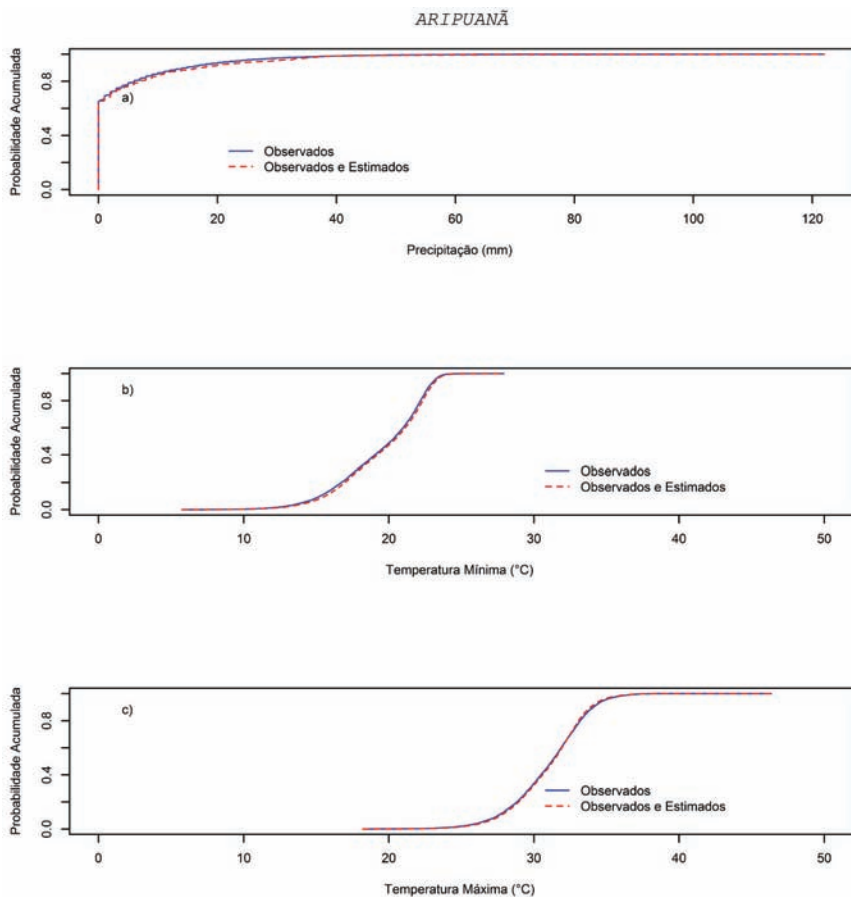
**Figura 8.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Santo Antônio do Leveger.



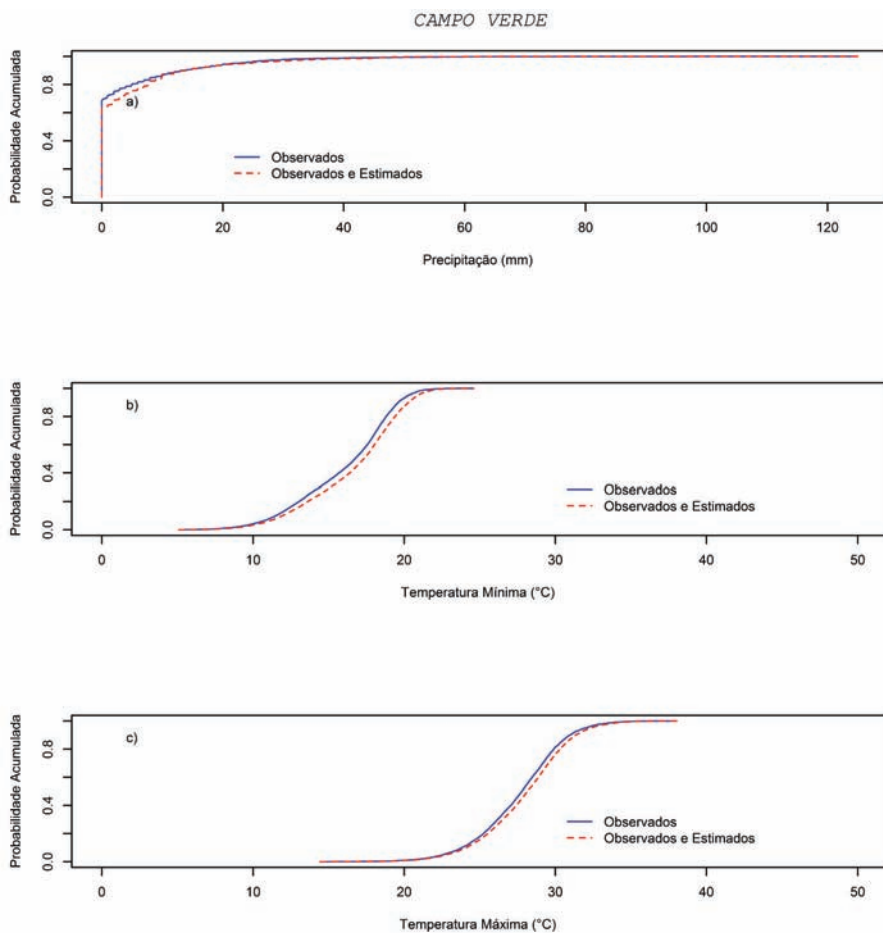
**Figura 9.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de São José do Rio Claro.



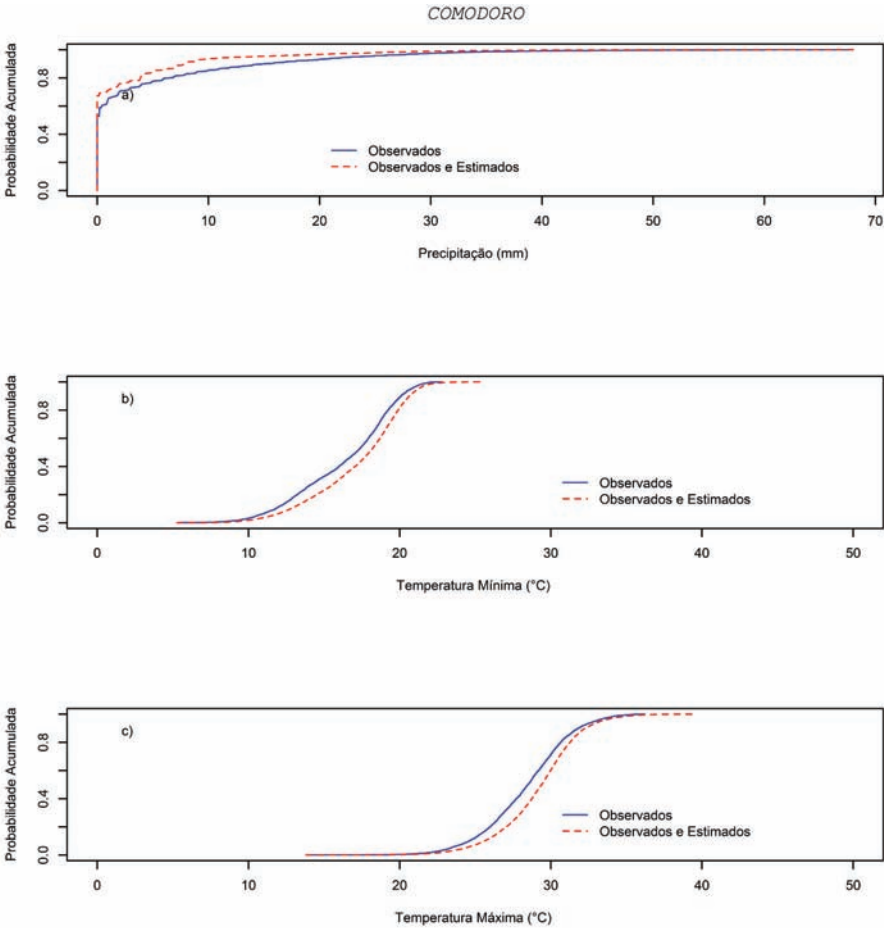
**Figura 10.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Alta Floresta.



**Figura 11.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Aripuanã.

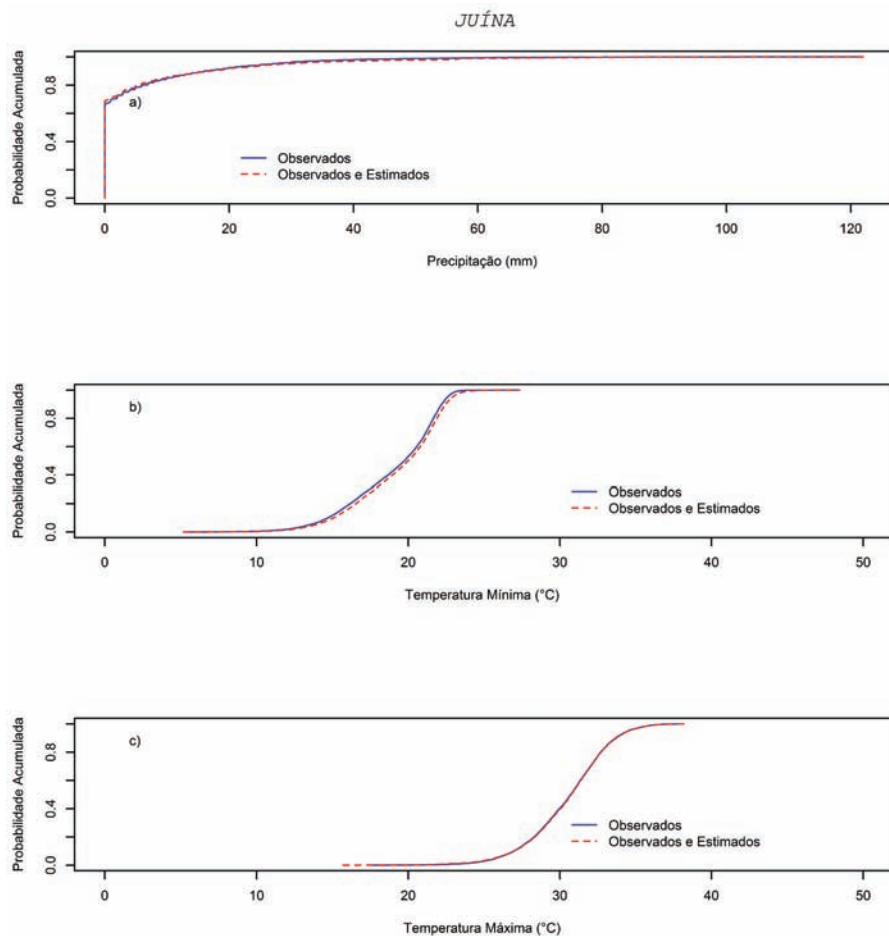


**Figura 12.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Campo Verde.

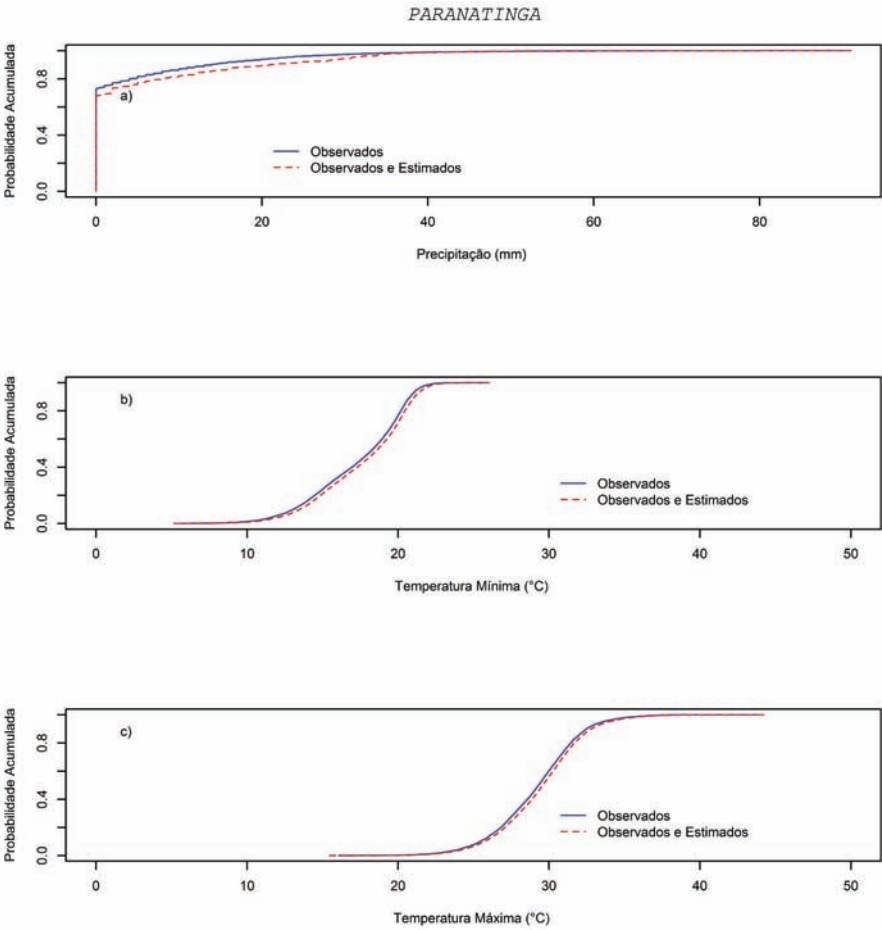


**Figura 13.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Comodoro.

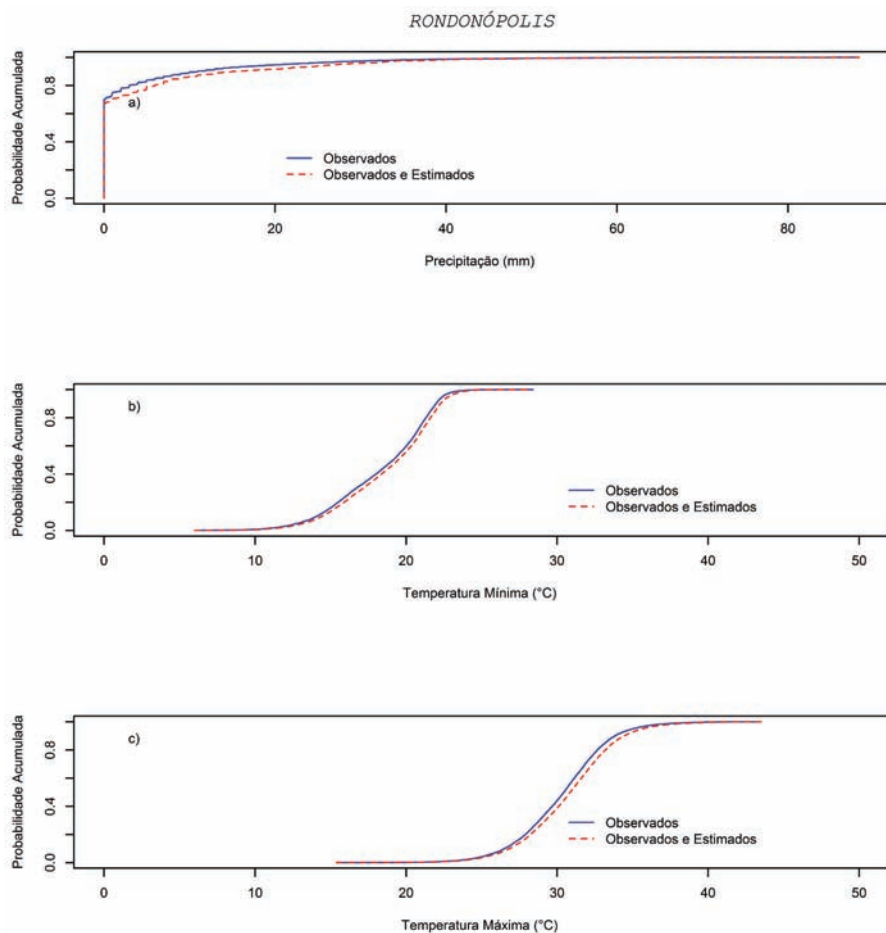




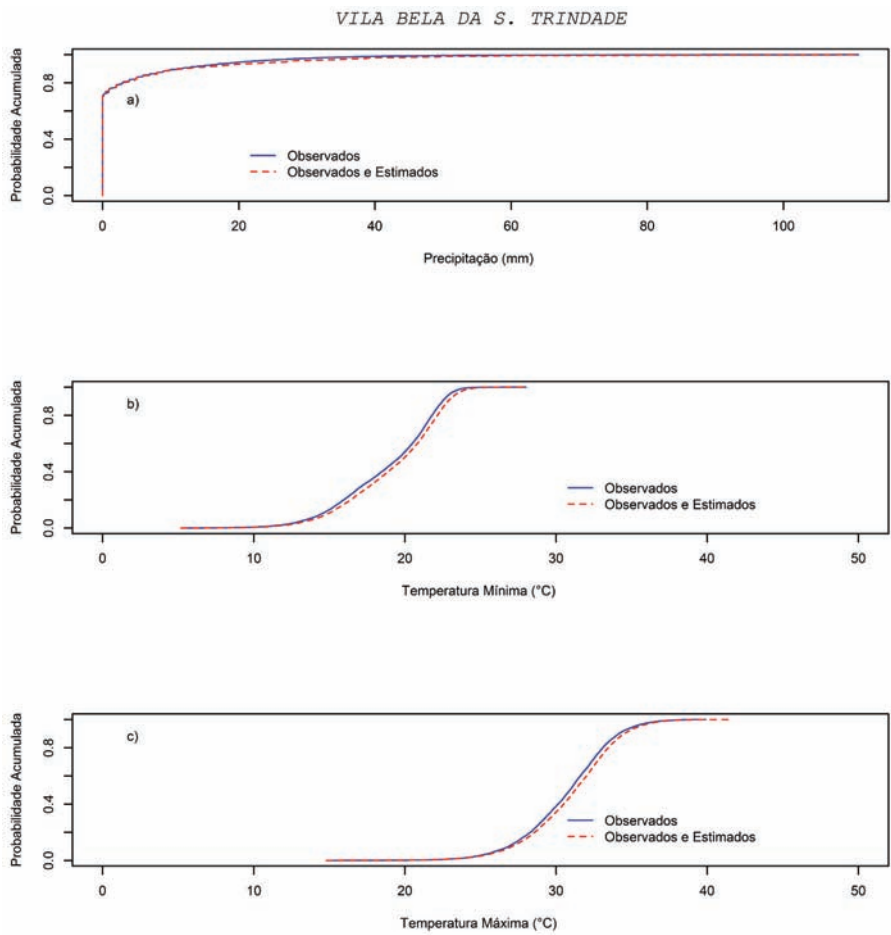
**Figura 14.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Juína.



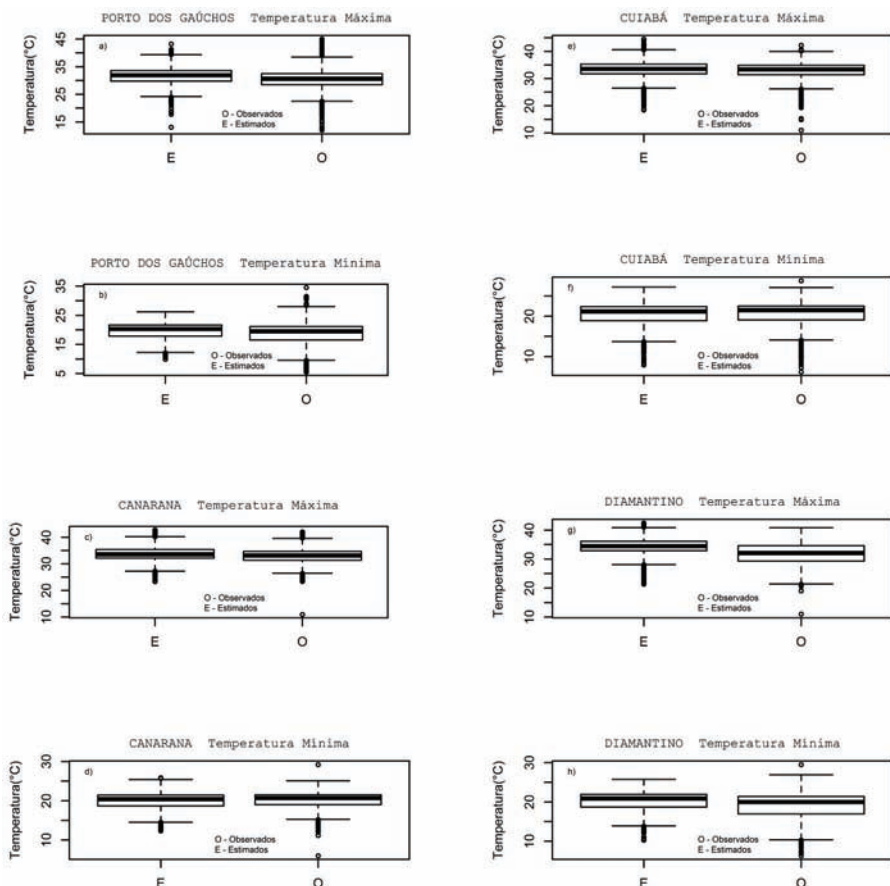
**Figura 15.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Paranatinga.



**Figura 16.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Rondonópolis.



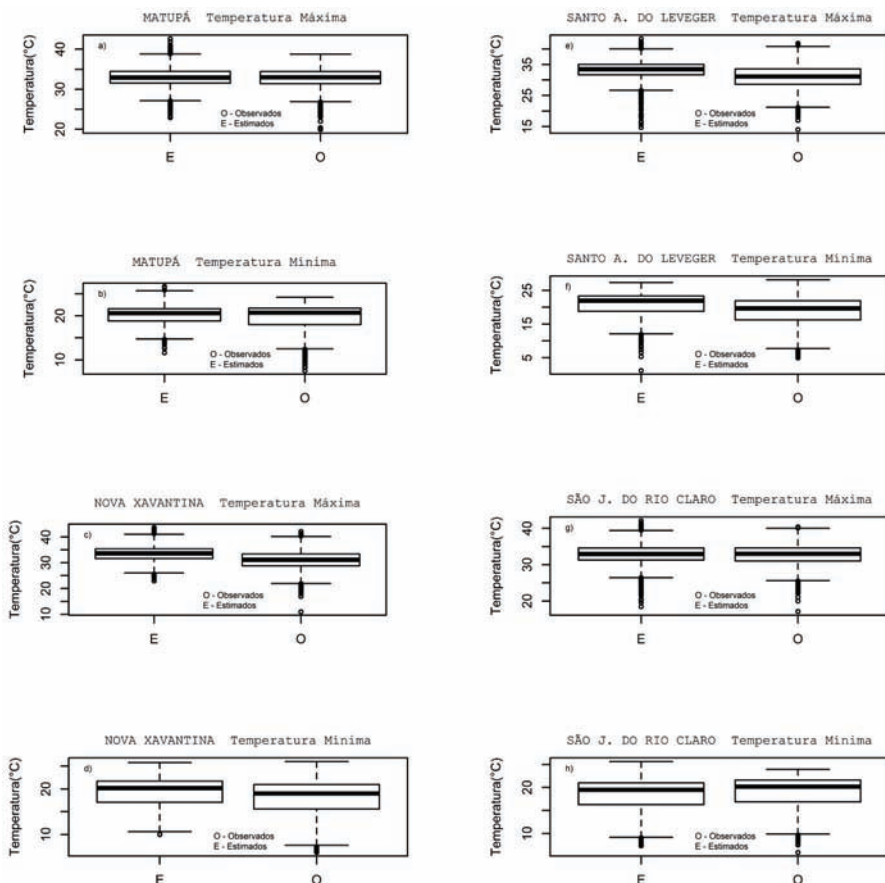
**Figura 17.** Probabilidade da distribuição acumulada para os dados observados e o conjunto de dados estimados e observados para a) precipitação pluvial; b) temperatura máxima do ar; e c) temperatura mínima do ar, para a localidade de Vila Bela da Santíssima Trindade.



**Figura 18.** Comparação entre percentis e mediana para os dados diários observados (O) e estimados (E) para temperaturas máxima e mínima para as estações climáticas de a) e b) Porto dos Gaúchos, c) e d) Canarana, e) e f) Cuiabá e g) e h) Diamantino.

As linhas na extremidade representam os percentis de 25 e 75.

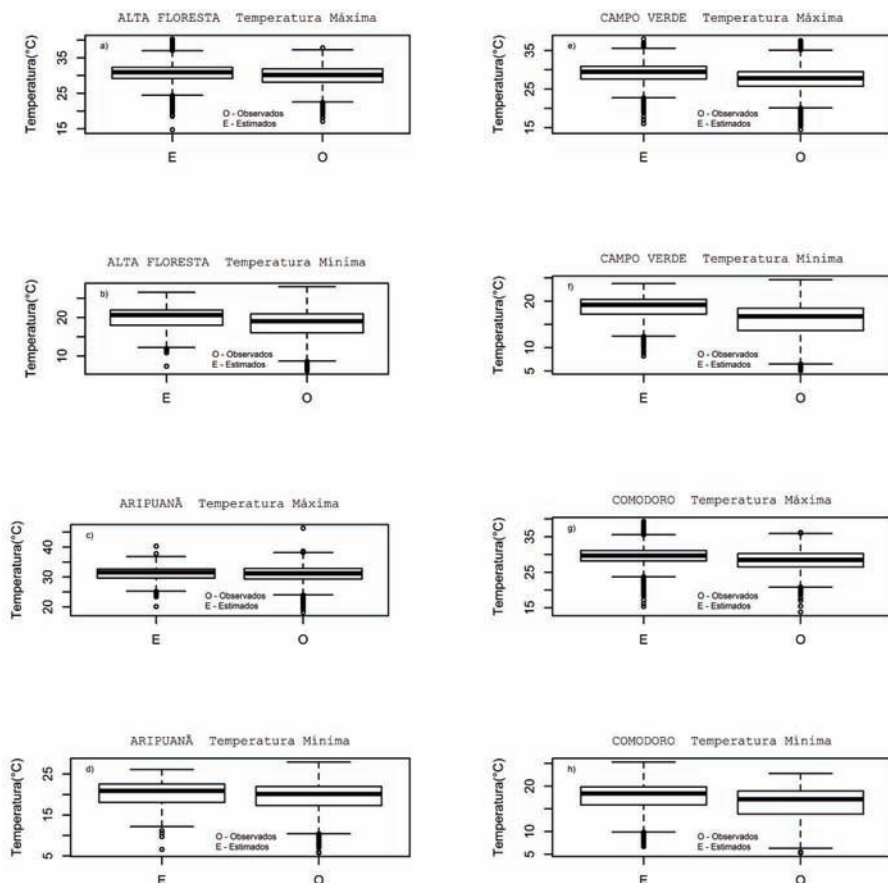
A linha horizontal representa a mediana e os círculos fora das linhas extremas representam pontos extremos.



**Figura 19.** Comparação entre percentis e mediana para os dados diários observados (O) e estimados (E) para temperatura máxima e mínima para as estações climáticas de a) e b) Matupá, c) e d) Nova Xavantina, e) e f) Santo A. do Leveger e g) e h) São José do Rio Claro.

As linhas na extremidade representam os percentis de 25 e 75.

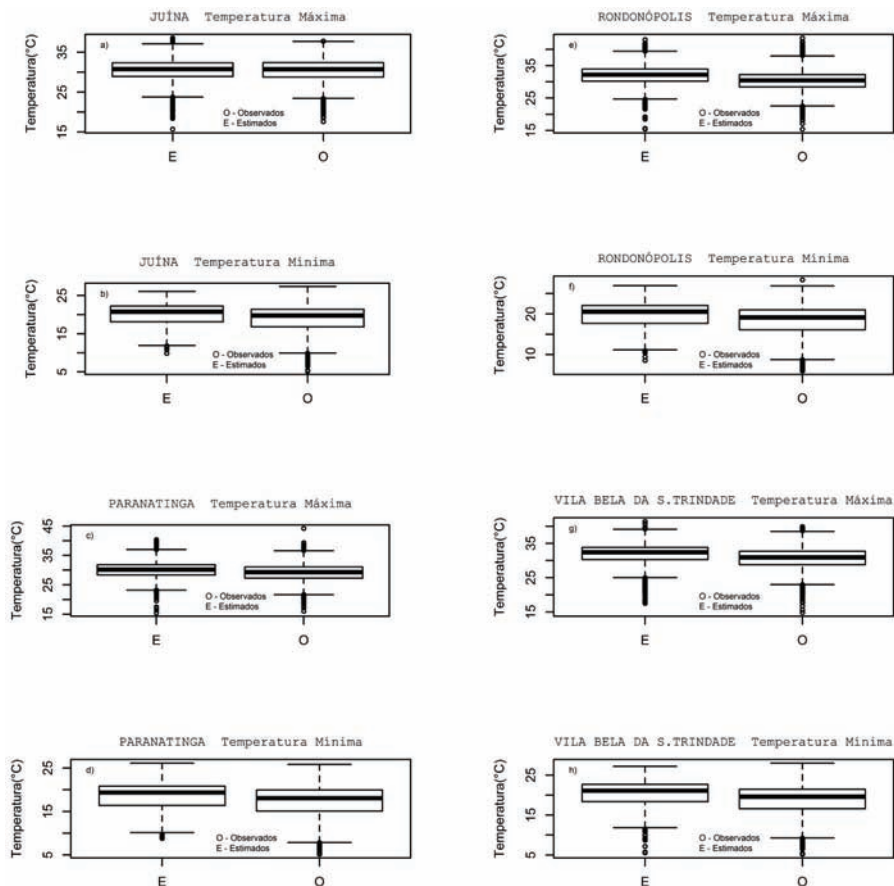
A linha horizontal representa a mediana e os círculos fora das linhas extremas representam pontos extremos.



**Figura 20.** Comparação entre percentis e mediana para os dados diários observados (O) e estimados (E) para temperatura máxima e mínima para as estações climáticas de a) e b) Alta Floresta, c) e d) Aripuanã, e) e f) e g) Campo Verde e h) Comodoro.

As linhas na extremidade representam os percentis de 25 e 75.

A linha horizontal representa a mediana e os círculos fora das linhas extremas representam pontos extremos.



**Figura 21.** Comparação entre percentis e mediana para os dados diários observados (O) e estimados (E) para temperatura máxima e mínima para as estações climáticas de a) e b) Alta Floresta, c) e d) Aripuanã, e) e f) e g) Campo Verde e h) Comodoro.

As linhas na extremidade representam os percentis de 25 e 75.

A linha horizontal representa a mediana e os círculos fora das linhas extremas representam pontos extremos.

As Tabelas 1, 2, 3 e 4 descrevem os valores médios mensais para a precipitação, temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar global, considerando o conjunto de dados diários observados e estimados, para os municípios do Estado de Mato Grosso.



**Tabela 1.** Precipitação pluvial média mensal (mm) para diferentes municípios do Estado de Mato Grosso.

<i>Local</i>	<i>Mês</i>												<i>Número de Dados</i>	
	<i>Jan</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>	<i>*Obs</i>	<i>#Est</i>
RONDONÓPOLIS	284	211	192	208	41	22	17	29	56	133	186	200	7900	3423
SANTO A. DO LEVEGER	253	205	189	333	42	37	21	35	68	114	205	218	8369	2954
CAMPO VERDE	301	286	258	55	59	11	27	20	54	131	250	279	8002	3321
VILA BELA DA S. T.	216	228	178	189	48	12	19	20	55	108	177	205	7709	3614
NOVA XAVANTINA	285	291	262	212	64	15	28	50	113	199	246	247	9505	1818
PARANATINGA	273	282	245	212	49	18	27	37	70	153	226	247	7324	3999
CUIABÁ	302	291	272	134	53	7	5	19	63	191	229	279	3779	7544
CANARANA	230	177	226	148	44	11	4	33	142	145	182	294	3778	7565
SÃO JOSÉ DO RIO CLARO	230	200	172	205	48	8	11	10	55	113	185	209	3503	7820
COMODORO	168	133	157	92	25	9	3	6	15	78	100	140	3522	7801
DIAMANTINO	294	282	296	172	37	16	18	27	56	164	199	303	6949	4374
PORTO DOS GAÚCHOS	247	249	272	156	35	14	7	16	69	136	202	220	8603	2720
JUÍNA	278	299	284	170	59	27	12	28	67	128	180	248	8175	3148
MATUPÁ	285	291	262	212	64	15	28	50	113	199	246	247	3850	7473
ARIPUANÃ	301	286	258	55	59	11	27	20	54	131	250	279	8021	3302
ALTA FLORESTA	319	298	272	197	75	44	28	27	109	173	266	281	5217	6106
<b>Média</b>	267	251	237	172	50	17	18	27	72	144	208	244		

\*Obs. – número de dados observados; #Est. – número de dados estimados.

**Tabela 2.** Temperatura máxima do ar média (°C) para diferentes municípios do Estado de Mato Grosso.

Local	Mês												Número de Dados	
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	*Obs	#Est
RONDONÓPOLIS	31.8	32.0	31.8	30.8	29.0	28.0	28.4	30.3	31.4	32.2	31.9	31.5	8464	2859
SANTO A. DO LEVEGER	32.0	32.3	32.2	31.4	29.5	28.7	29.1	31.3	31.8	32.5	32.3	32.1	9378	1945
CAMPO VERDE	32.5	32.8	32.5	31.5	29.4	28.2	28.2	30.0	30.7	32.1	32.3	32.3	8822	2501
VILA BELA DA S. T.	32.1	32.3	32.2	31.3	29.3	28.2	28.7	30.5	31.2	32.4	32.1	31.9	8457	2866
NOVA XAVANTINA	31.4	31.2	31.4	32.2	32.4	33.1	34.6	36.0	35.2	33.5	32.5	31.5	10179	1144
PARANATINGA	30.6	30.6	30.7	29.6	27.8	26.8	26.8	28.7	29.6	30.8	30.7	30.4	8092	3231
CUIABÁ	30.9	31.3	31.6	32.0	31.0	31.1	31.5	34.4	34.5	33.6	32.2	31.5	3590	7733
CANARANA	31.7	31.8	32.2	32.8	33.3	33.3	34.3	36.1	36.8	35.1	33.1	31.8	3940	7383
SÃO JOSÉ DO RIO CLARO	31.6	31.7	32.2	32.8	32.2	32.3	32.7	35.2	34.6	34.0	32.7	32.1	3926	7397
COMODORO	29.1	29.6	29.4	28.9	28.1	27.6	28.2	29.8	30.2	30.1	29.6	29.2	3708	7615
DIAMANTINO	32.4	32.8	33.0	32.8	32.3	31.7	31.4	34.0	34.2	33.8	33.1	32.2	7190	4133
PORTO DOS GAÚCHOS	31.5	31.6	31.6	31.0	29.2	28.2	28.8	30.4	30.8	31.9	31.8	31.2	9121	2202
JUÍNA	31.8	31.9	31.6	30.8	29.0	28.0	28.3	29.9	30.4	31.6	31.3	31.3	8457	2866
MATUPÁ	31.4	31.2	31.4	32.2	32.4	33.1	34.6	36.0	35.2	33.5	32.5	31.5	3980	7343
ARIPUANÃ	32.5	32.8	32.5	31.5	29.4	28.2	28.2	30.0	30.7	32.1	32.3	32.3	8821	2502
ALTA FLORESTA	31.2	31.7	31.3	30.4	29.1	28.0	28.2	29.7	30.6	31.2	31.3	30.9	6265	5058
Média	31.5	31.7	31.7	31.4	30.2	29.7	30.1	32.0	32.4	32.5	31.9	31.5		

\*Obs. – número de dados observados; #Est. – número de dados estimados.

**Tabela 3.** Temperatura mínima do ar média (°C) para diferentes municípios do Estado de Mato Grosso.

<i>Local</i>	<i>Mês</i>												<i>Número de Dados</i>	
	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>	<i>*Obs</i>	<i>#Est</i>
RONDONÓPOLIS	21.5	21.5	21.0	19.4	17.0	15.1	14.5	15.8	18.0	19.9	20.7	21.4	3708	7615
SANTO A. DO LEVEGER	22.3	22.1	21.8	20.2	17.1	14.9	14.6	16.3	18.5	20.5	21.3	22.0	9355	1968
CAMPO VERDE	22.5	22.3	21.9	20.4	17.9	16.0	15.6	16.7	18.7	20.4	21.4	22.1	8822	2501
VILA BELA DA S. T.	22.1	22.0	21.5	20.0	17.6	15.6	15.1	16.3	18.4	20.2	21.1	21.7	8457	2866
NOVA XAVANTINA	21.2	21.0	20.9	20.9	20.0	17.6	16.7	17.8	20.2	21.2	21.6	21.4	10169	1154
PARANATINGA	20.5	20.4	19.9	18.5	16.1	13.9	13.5	14.7	16.9	18.8	19.6	20.2	8092	3231
CUIABÁ	21.5	21.4	21.1	20.8	18.7	17.2	15.8	17.9	20.3	21.3	21.4	21.8	3581	7742
CANARANA	21.2	21.1	21.1	20.7	19.0	17.1	17.0	18.5	20.6	21.4	21.4	21.4	3925	7398
SÃO JOSÉ DO RIO CLARO	21.3	21.2	21.3	20.2	17.7	15.0	13.8	15.2	18.2	19.8	20.8	20.9	3912	7411
COMODORO	19.9	19.7	19.3	18.1	16.2	13.7	13.4	14.1	16.5	18.0	19.1	19.5	3708	7615
DIAMANTINO	21.6	21.5	21.3	20.5	18.5	16.2	15.7	16.9	19.0	20.7	21.2	21.3	7175	4148
PORTO DOS GAÚCHOS	21.5	21.5	21.0	19.6	17.5	15.5	15.1	15.9	18.0	19.8	20.5	21.2	9076	2247
JUÍNA	22.0	21.9	21.5	20.0	17.7	15.8	15.2	16.5	18.4	20.0	20.8	21.6	8457	2866
MATUPÁ	21.2	21.0	20.9	20.9	20.0	17.6	16.7	17.8	20.2	21.2	21.6	21.4	3967	7356
ARIPUANÃ	22.5	22.3	21.9	20.4	17.9	16.0	15.6	16.7	18.7	20.4	21.4	22.1	8821	2502
ALTA FLORESTA	21.8	21.8	21.2	19.9	17.7	15.5	15.0	16.0	18.2	19.8	20.7	21.3	6265	5058
Média	21.5	21.4	21.1	20.0	17.9	15.8	15.2	16.4	18.7	20.2	20.9	21.3		

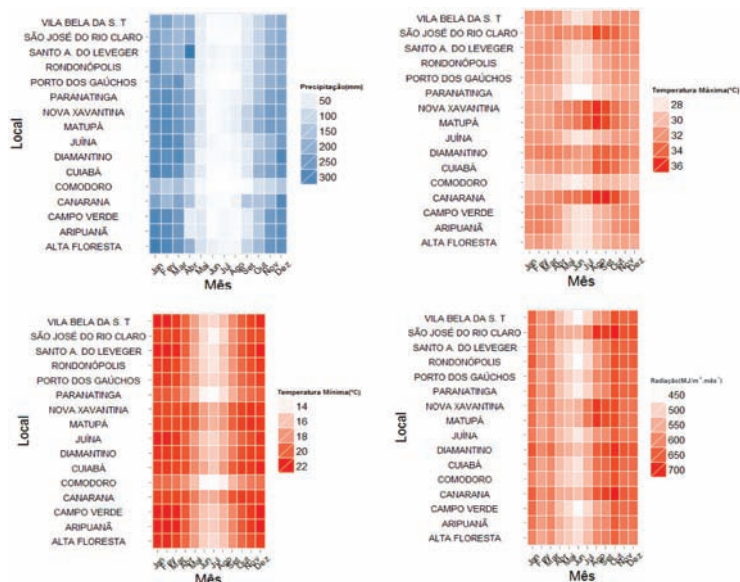
\*Obs. – número de dados observados; #Est. – número de dados estimados.

**Tabela 4.** Radiação solar global (MJ m<sup>2</sup>.mês<sup>-1</sup>) para diferentes municípios de Mato Grosso.

Local	Mês												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	#Est
RONDONÓPOLIS	652.3	584.9	599.1	523.5	479.9	441.4	492.7	571.7	612.3	669.7	649.2	650.6	11323
SANTO A. DO LEVEGER	631.5	572.7	592.6	524.1	494.1	466.0	509.6	587.9	613.8	662.9	644.7	647.5	11323
CAMPO VERDE	634.6	571.8	594.1	524.2	485.2	444.0	488.8	561.6	586.8	650.3	630.7	637.3	11323
VILA BELA DA S. T.	641.7	578.3	597.8	526.6	482.3	445.5	494.3	574.3	600.9	666.7	642.9	647.4	11323
NOVA XAVANTINA	629.4	566.0	601.5	550.1	533.7	543.5	618.4	689.3	668.1	670.5	625.3	623.0	11323
PARANATINGA	642.0	573.8	605.3	528.0	490.7	460.7	498.3	577.5	603.6	664.7	641.8	645.5	11323
CUIABÁ	620.0	561.9	594.7	530.5	501.4	477.1	543.9	629.1	636.7	672.0	634.9	635.5	11323
CANARANA	648.5	586.6	615.6	555.5	549.4	527.2	580.2	656.5	684.2	706.1	655.5	645.9	11323
SÃO JOSÉ DO RIO CLARO	644.0	578.3	609.5	566.4	550.5	542.7	604.2	695.9	687.4	719.0	664.2	669.0	11323
COMODORO	606.2	562.4	587.4	523.4	501.6	485.1	533.8	616.2	629.7	664.3	621.7	622.5	11323
DIAMANTINO	656.0	598.9	633.7	565.5	547.7	522.4	559.3	650.5	667.2	693.8	661.2	656.0	11323
PORTO DOS GAÚCHOS	625.2	562.1	601.3	543.7	510.1	480.8	529.4	605.0	612.5	666.0	636.6	626.1	11323
JUÍNA	617.7	561.8	590.1	532.8	502.9	472.9	520.3	583.2	595.2	651.5	615.9	615.9	11323
MATUPÁ	629.4	566.0	601.5	550.1	533.7	543.5	618.4	689.3	668.1	670.5	625.3	623.0	11323
ARIPUANÃ	623.7	574.6	605.8	547.2	514.3	479.9	520.4	587.8	600.1	653.5	624.4	626.4	11323
ALTA FLORESTA	605.3	559.1	591.8	531.4	512.7	486.0	530.2	595.8	608.5	645.4	613.8	607.3	11323
Média	631.7	572.5	601.4	538.9	511.9	488.7	540.1	617.0	629.7	670.4	636.8	636.2	

#Est. – número de dados estimados.

A variabilidade climática entre os municípios do Estado de Mato Grosso para a precipitação pluvial (mm), temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar global para os meses do ano está ilustrada pela Figura 22 (a, b, c e d). Essa Figura foi gerada utilizando-se as médias mensais descritas nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 considerando-se o conjunto de dados climáticos composto pelos dados observados e estimados. Por meio dessa figura é possível observar a existência de diferentes ambientes no Estado de Mato Grosso.



**Figura 22.** Variabilidade climática entre os municípios de Mato Grosso, de acordo com o mês do ano, para a) precipitação pluvial mensal, em mm, b) temperatura máxima do ar, °C, c) temperatura mínima do ar, °C e radiação solar global mensal MJ m<sup>-2</sup> mês<sup>-1</sup>.

## Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agritempo**. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br>>. Acesso em: 21 ago. 2012.

CORDANO, E.; ECCEL, E. **RMAWGEN**: RMAWGEN (R Multi-site Auto-regressive Weather GENerator): a package to generate daily time series from monthly mean values. R package version 1.2.2. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/package=RMAWGEN/index.html>>. Acesso em: 10 abr. 2012.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B. Estimativa da variação da produtividade do arroz em diferentes escalas temporais do índice SPI. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 4, p. 335-343, abr. 2011.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L. F.; AMORIM, A. de O. Desempenho de índices quantitativos de seca na estimativa da produtividade de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 8, p. 771-779, ago. 2010.

FERNANDES, D. S.; KRUGER, L. F.; HEINEMANN, A. B.; ROCHA, R. P. da. Identificação e caracterização de ambientes homogêneos de eventos de seca/umidade com base em simulações climáticas regionais. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 290-298, 2012.

HEINEMANN, A. B. Caracterização dos padrões de estresse hídrico para a cultura do arroz (ciclo curto e médio) no estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 29-36, jan./fev. 2010.

HEINEMANN, A. B.; ANDRADE, C. de L. T. de; GOMIDE, R. L.; AMORIM, A. de O. ; PAZ, R. L. da. Padrões de deficiência hídrica para a cultura de milho (safra normal e safrinha) no estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1026-1033, jul./ago. 2009.

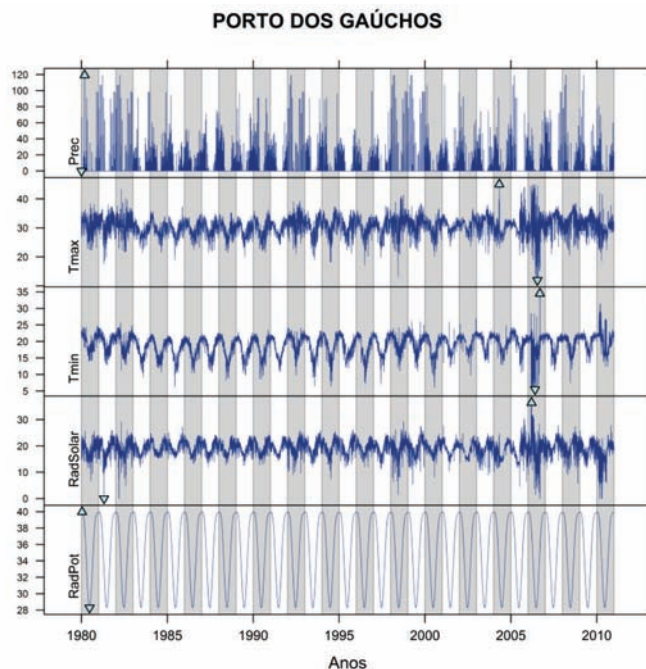
HEINEMANN, A. B.; DINGKUHN, M.; LUQUET, D; COMBRES, J. C.; CHAPMAN, S. Characterization of drought stress environments for upland rice and maize in central Brazil. **Euphytica**, Wageningen, v. 162, n. 3, p. 395-410, Aug. 2008.

LORENÇONI, R.; DOURADO NETO, D.; HEINEMANN, A. B. Calibração e avaliação do modelo ORYZA-APSIM para o arroz de terras altas no Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 605-613, out./dez. 2010.

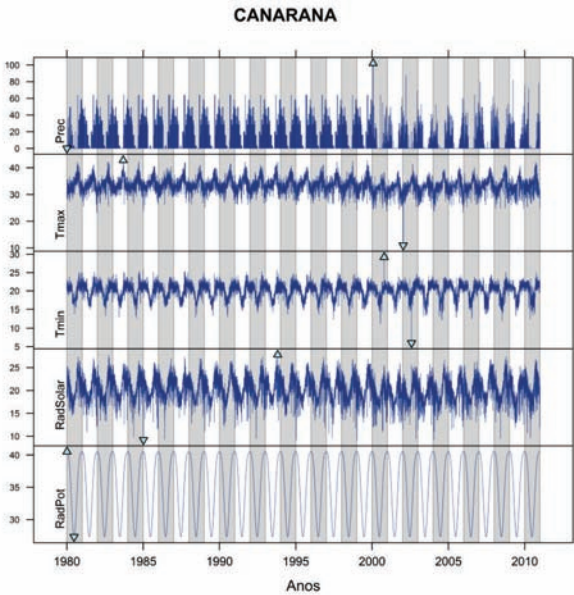
SEMENOV, M. A.; BROOKS J. R.; BARROW, E. M.; RICHARDSON, C. W. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. **Climate Research**, Luhe, v. 10, n. 2, p. 95-107, Aug. 1998.

## ANEXO 1

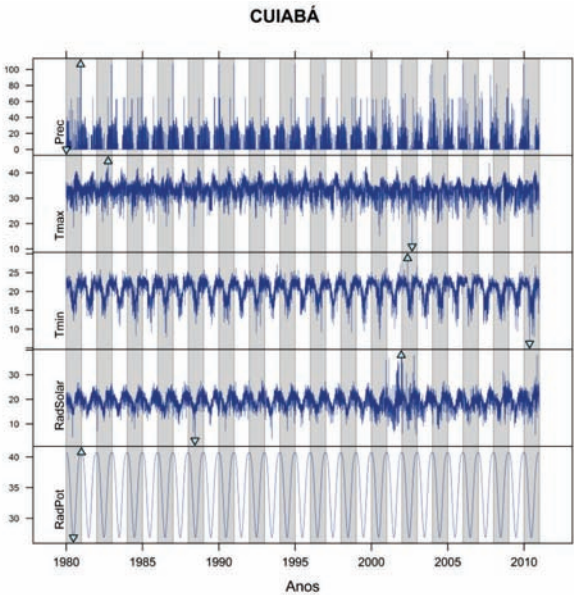
Ilustração das séries temporais climáticas diárias das estações meteorológicas utilizadas nesse estudo.



**Figura 23.** Série histórica diária para temperatura máxima (Tmax, °C), mínima (Tmin, °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>), radiação solar extraterrestre (RadPot, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>).

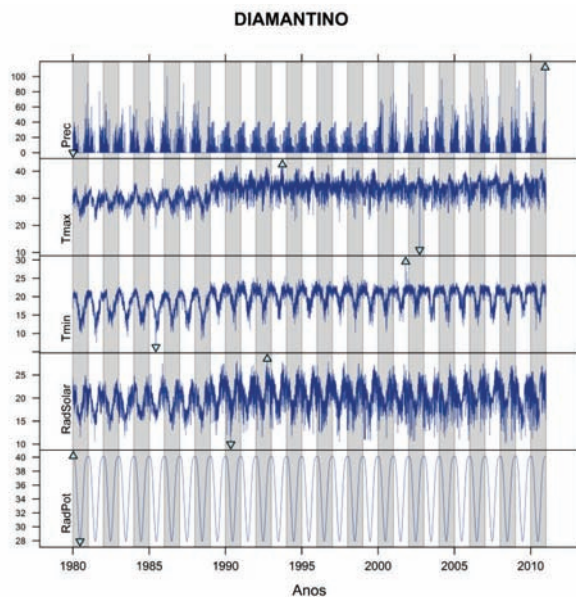


**Figura 24.** Série histórica diária para temperatura máxima (Tmax, °C), mínima (Tmin, °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>), radiação solar extraterrestre (RadPot, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>).

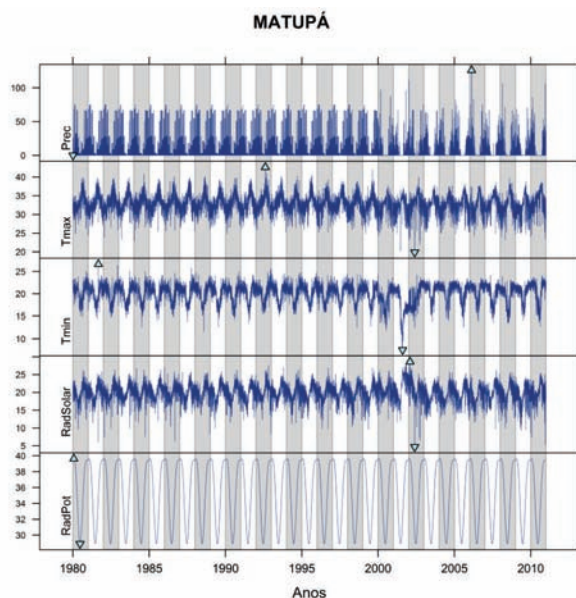


**Figura 25.** Série histórica diária para temperatura máxima (Tmax, °C), mínima (Tmin, °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>), radiação solar extraterrestre (RadPot, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>).

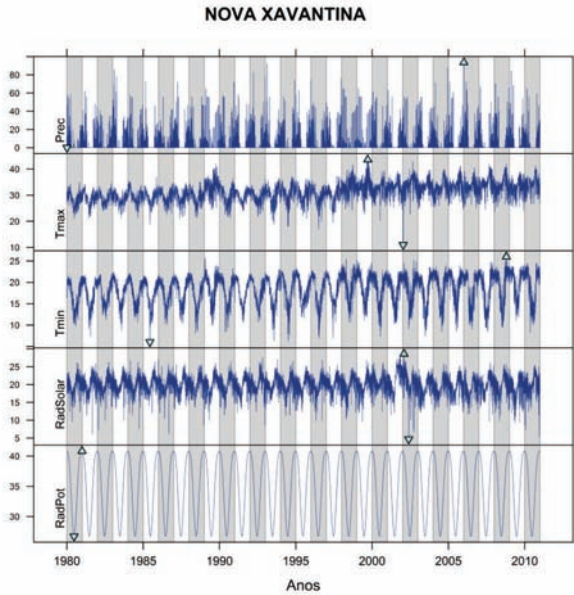




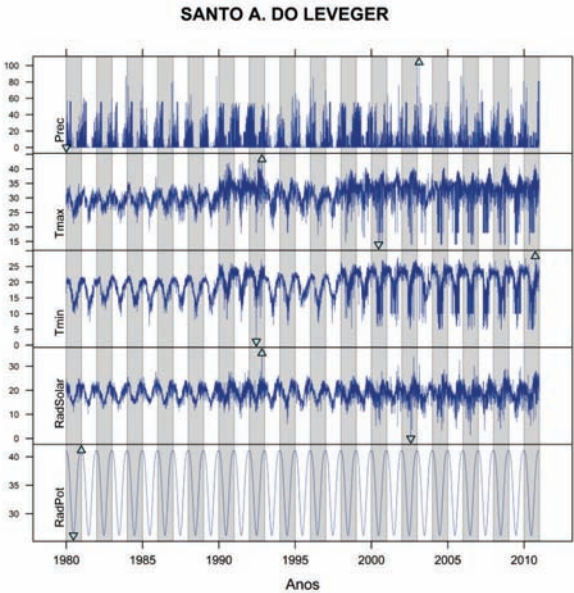
**Figura 26.** Série histórica diária para temperatura máxima (Tmax, °C), mínima (Tmin, °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>), radiação solar extra-terrestre (RadPot, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>).



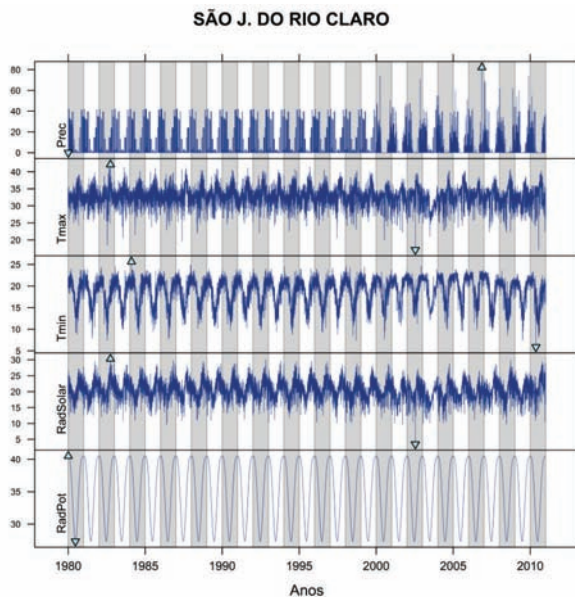
**Figura 27.** Série histórica diária para temperatura máxima (Tmax, °C), mínima (Tmin, °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>), radiação solar extra-terrestre (RadPot, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>).



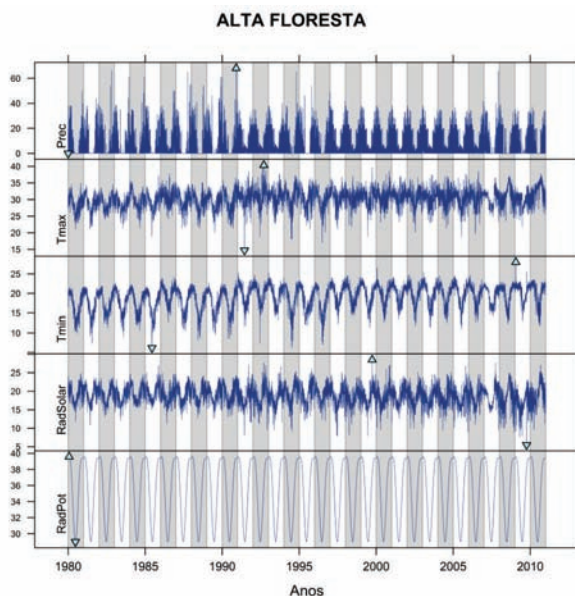
**Figura 28.** Série histórica diária para temperatura máxima (Tmax, °C), mínima (Tmin, °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>), radiação solar extraterrestre (RadPot, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>).



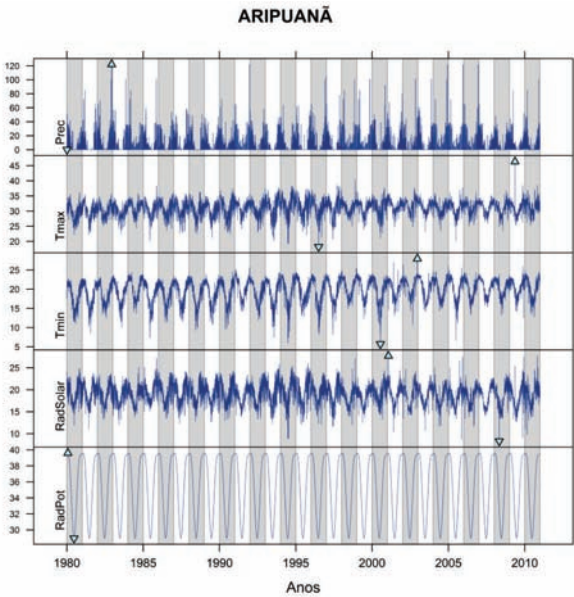
**Figura 29.** Série histórica diária para temperatura máxima (Tmax, °C), mínima (Tmin, °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>), radiação solar extraterrestre (RadPot, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>).



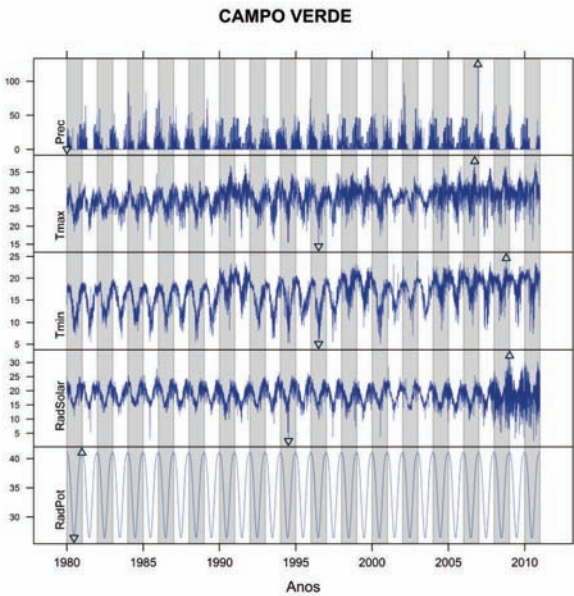
**Figura 30.** Série histórica diária para temperatura máxima ( $T_{max}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ), mínima ( $T_{min}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ), precipitação ( $Prec$ ,  $\text{mm}$ ), radiação solar global ( $RadSolar$ ,  $\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ), radiação solar extra-terrestre ( $RadPot$ ,  $\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ).



**Figura 31.** Série histórica diária para temperatura máxima ( $T_{max}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ), mínima ( $T_{min}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ), precipitação ( $Prec$ ,  $\text{mm}$ ), radiação solar global ( $RadSolar$ ,  $\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ), radiação solar extra-terrestre ( $RadPot$ ,  $\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ).

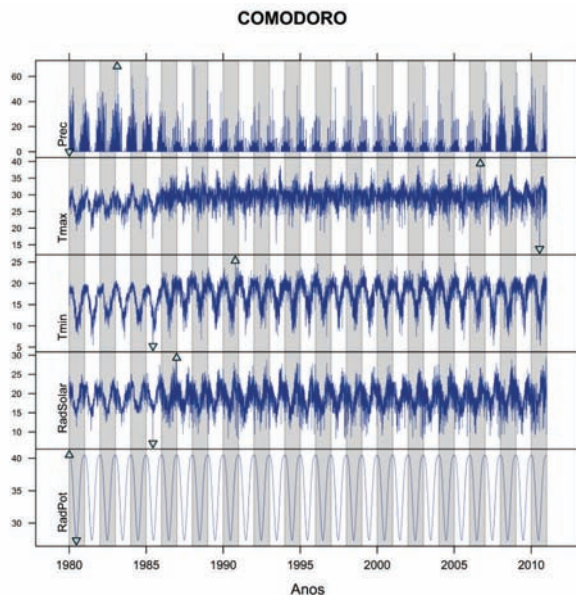


**Figura 32.** Série histórica diária para temperatura máxima (Tmax, °C), mínima (Tmin, °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>), radiação solar extraterrestre (RadPot, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>).

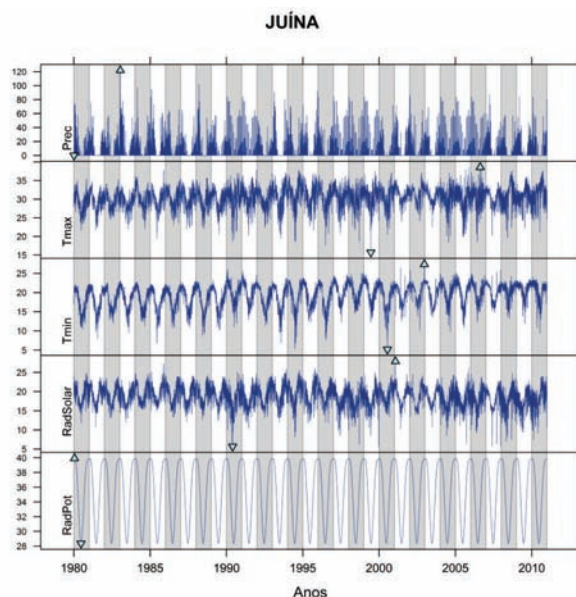


**Figura 33.** Série histórica diária para temperatura máxima (Tmax, °C), mínima (Tmin, °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>), radiação solar extraterrestre (RadPot, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>).

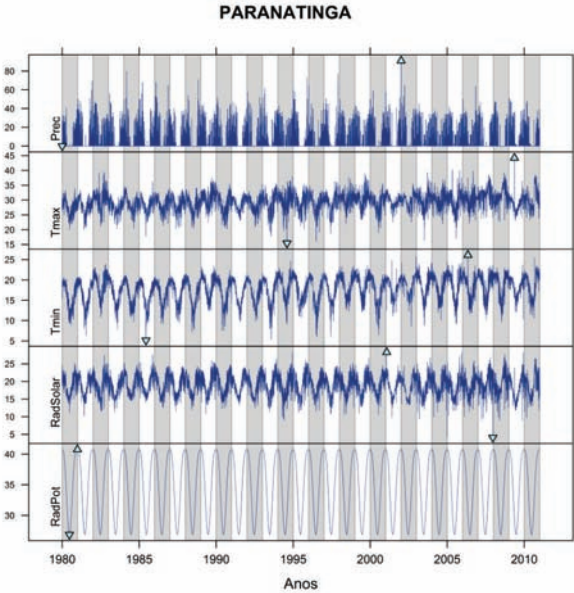




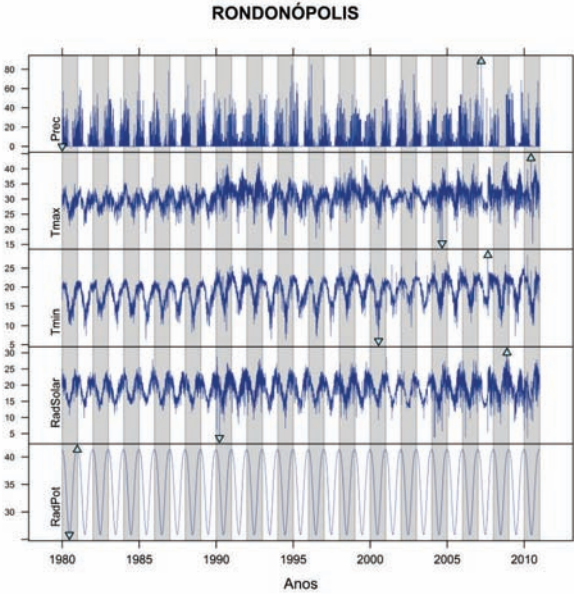
**Figura 34.** Série histórica diária para temperatura máxima ( $T_{max}$ , °C), mínima ( $T_{min}$ , °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ  $m^{-2}dia^{-1}$ ), radiação solar extraterrestre (RadPot, MJ  $m^{-2}dia^{-1}$ ).



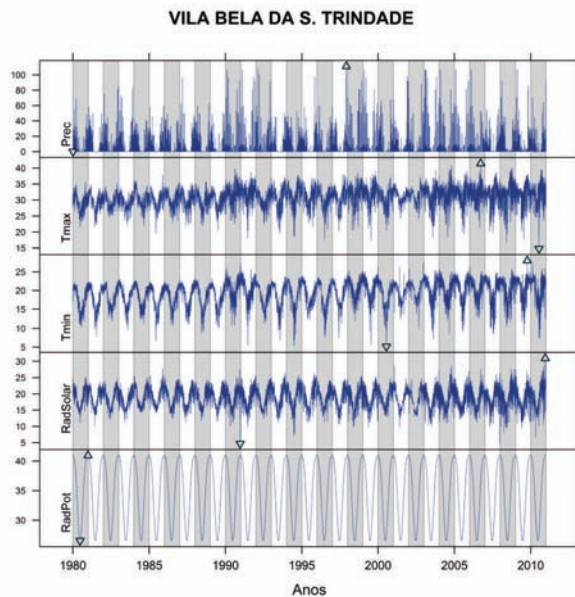
**Figura 35.** Série histórica diária para temperatura máxima ( $T_{max}$ , °C), mínima ( $T_{min}$ , °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ  $m^{-2}dia^{-1}$ ), radiação solar extraterrestre (RadPot, MJ  $m^{-2}dia^{-1}$ ).



**Figura 36.** Série histórica diária para temperatura máxima (Tmax, °C), mínima (Tmin, °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ m<sup>2</sup>dia<sup>-1</sup>), radiação solar extra-terrestre (RadPot, MJ m<sup>2</sup>dia<sup>-1</sup>).



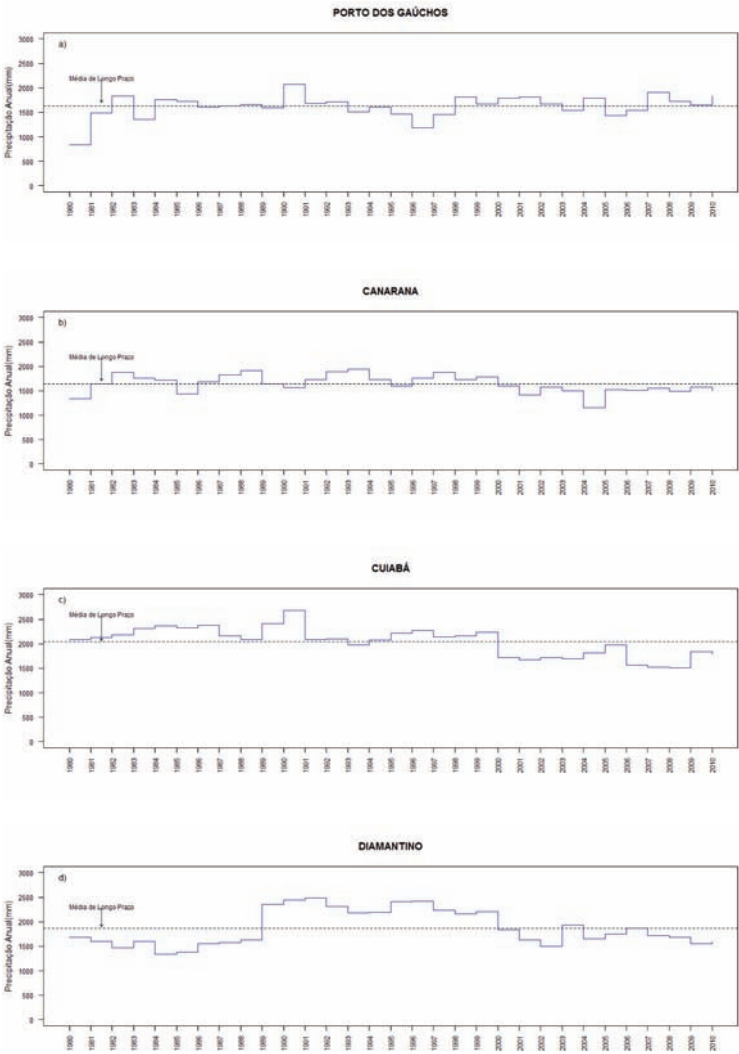
**Figura 37.** Série histórica diária para temperatura máxima (Tmax, °C), mínima (Tmin, °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ m<sup>2</sup>dia<sup>-1</sup>), radiação solar extra-terrestre (RadPot, MJ m<sup>2</sup>dia<sup>-1</sup>).



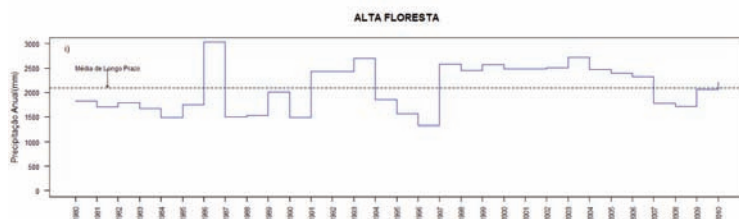
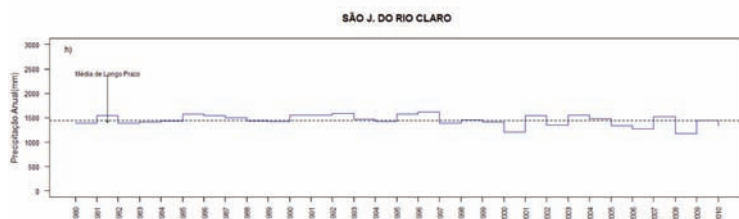
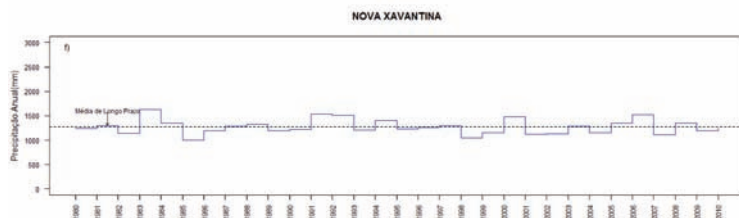
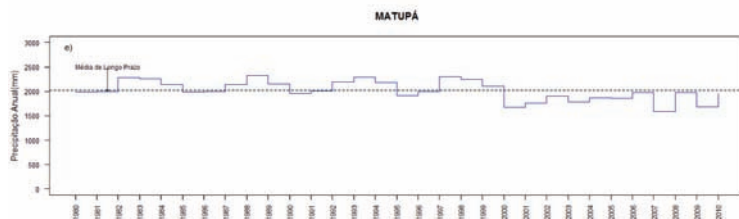
**Figura 38.** Série histórica diária para temperatura máxima (Tmax, °C), mínima (Tmin, °C), precipitação (Prec, mm), radiação solar global (RadSolar, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>), radiação solar extraterrestre (RadPot, MJ m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>).

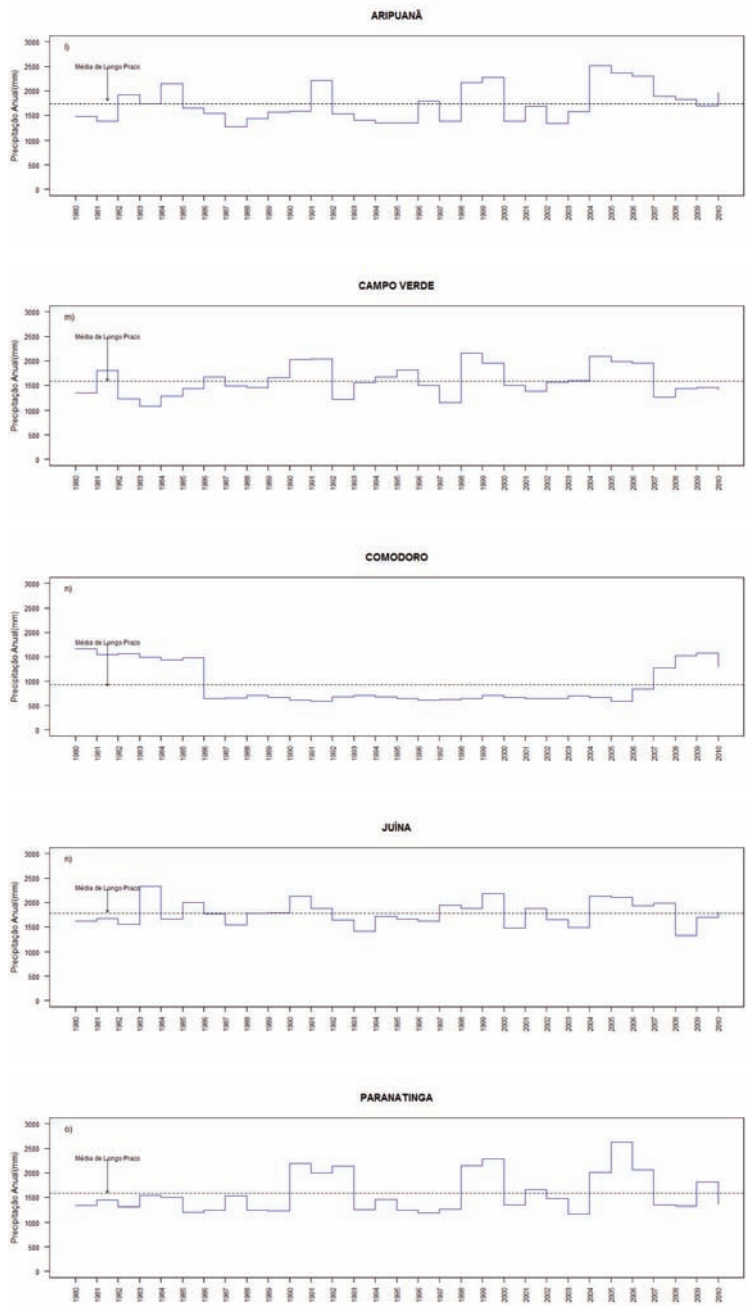
ANEXO 2

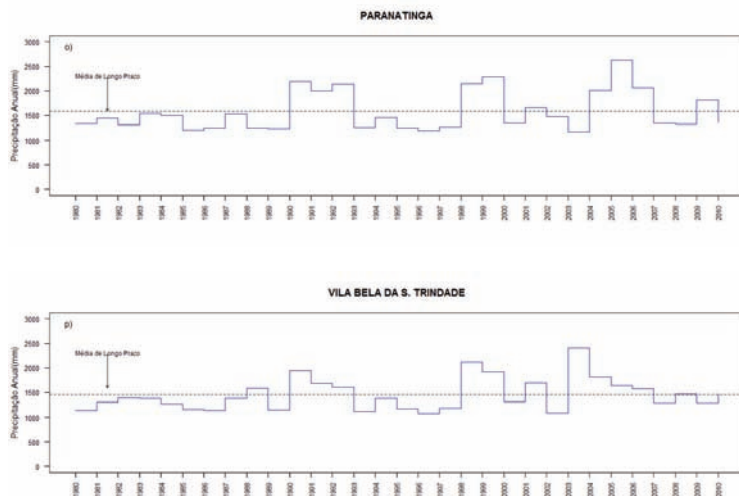
Ilustração da precipitação anual para as estações climatológicas utilizadas nesse estudo











**Figura 39.** Precipitação anual (mm) para os municípios de: a) Porto dos Gaúchos, b) Canarana c) Cuiabá, d) Diamantino, e) Matupá, f) Nova Xavantina, g) Santo Antônio do Leveger, h) São José do Rio Claro, i) Alta Floresta, j) Aripuanã, l) Campo Verde, m) Comodoro, n) Juína, o) Paranatinga, p) Rondonópolis e q) Vila Bela da Santíssima Trindade.

